目前，国内外对工业污水的处理方法主要有絮凝沉淀法、膜分离法、电化学法以及生物法。其中絮凝沉淀法有着操作简单、费用较低、反应快、沉降时间短、处理效果好等优点，被广泛应用于各种废水的处理中。工业废水处理常用的絮凝剂大致分为无机絮凝剂、有机高分子絮凝剂、微生物絮凝剂和复合絮凝剂。季铵盐阳离子型合成絮凝剂分子质量高、链的伸展度大，可以起到吸附架桥、电性中和以及使体系中的微粒失稳、聚结、沉降等作用。笔者综述了季铵盐型阳离子合成絮凝剂、季铵盐型阳离子天然改性有机絮凝剂的最新研究状况，并介绍了此类絮凝剂的复配使用情况。

　　1 季铵盐型阳离子合成絮凝剂  
  
　　 1.1 改性阳离子聚丙烯酰胺型

　　研究发现许多废水中所含悬浮物和胶体颗粒以及阴离子聚丙烯酰胺(HPAM)水解之后的产物都带负电荷，而改性阳离子聚丙烯酰胺(CPAM)可以中和水中带的负电微粒并通过吸附架桥作用，使污水中的微粒脱稳、絮凝并沉降从而达到良好的处理效果。改性CPAM的制备通常是将PAM中的—NH经过羟甲基化和季铵化，或者由丙烯酰胺(AM)与阳离子季铵盐单体进行自由基聚合反应。

　　惠少妮[2]通过甲醛的架桥作用，在PAM骨架上分别引入了二乙烯三胺、三乙烯四胺、乙二胺基团，进行了PAM的曼尼希改性，合成了三种接枝絮凝剂。其采用单因素优化法选出了这三种絮凝剂的最佳合成工艺参数，并对含苯废水、榆林某焦化厂水样以及韩城某洗煤厂废水进行了处理。实验结果表明，合成的三种絮凝剂既有聚丙烯酰胺类的絮凝沉降性能，又有阳离子的静电捕捉性能，提高了水处理的效能。

　　段文猛等[3]以AM和丙烯酰氧乙基三甲基氯化铵(DAC)为单体，采用反相乳液聚合的方法制备了高阳离子度和高分子质量的P(AM-DAC)，并在确定的最佳条件下合成制得特性黏度为1 378.7 mL/g的产品，这时产品特性黏度最大，对油田采出液含聚污水的絮凝效果也较好，处理后的出水油质量浓度为3.4 mg/L，浊度为24 NTU。

　　Junju Shen等[4]用丙烯酰胺和2-(甲基丙烯酰氧基)乙基-三甲基氯化铵聚合而来的聚合物分别处理活性、酸性、直接印染废水时，发现磺酸基团的染料与絮凝剂的季铵盐之间有静电相互作用和疏水相互作用(静电相互作用与染料分子中磺酸基团的数量有关，疏水相互作用随芳香环数量的增加而变得更强)。

　　张文德等[5]用分散聚合法制备了具有黏度较小、溶解快、絮凝性强等优点的水分散型阳离子聚丙烯酰胺，并用其与聚合氯化铝复配对造纸废水进行处理。当聚合氯化铝、水分散型阳离子聚丙烯酰胺的最佳投加质量浓度分别为600、50 mg/L时，其对COD、SS的去除率可达到87.5%、96.8%。

　　1.2 二甲基二烯丙基氯化铵型

　　聚二甲基二烯丙基氯化铵(PDMDAAC)以其去油率高、絮凝时间短、速度快的优点，被广泛应用于油田的污水处理中，并且对疏水性染料和亲水性染料的脱色都有效果[6, 7, 8, 9]。PDMDAAC在水处理中应用广泛，包括生活用水、工业废水高浊度水等等。有关资料表明，每年聚二甲基二烯丙基氯化铵在水处理行业销售，可获利3 300万英镑，其他方面仅为200万英镑[10]。

　　罗跃等[11]使用反相乳液聚合方法在单体配比为7∶3，引发剂用量m(引发剂)∶m(单体)为0.5%，引发温度为45 ℃的条件下合成了单体质量分数为45%的PDMDAAC。并用该产品对油田污水进行絮凝性能评价，其与聚合氯化铝复配使用时浊度的去除率和COD去除率分别为92.91%、92.68%，比单独使用时分别提高了6.69%、4.73%。

　　Zhonglian Yang等[12, 13]研究了PDMDAAC的加入量对水库水絮凝处理的影响：与单独使用聚合氯化铝(PAC)相比，PAC与PDMDAAC复配使用可以提高疏水性有机物的去除率并降低水处理后残余总铝的浓度，但是随着PDMDAAC加入量的增加，溶解有机碳(DOC)的去除率有所下降。结果表明，Al和PDMDAAC的质量比与溶液的pH对残余铝形态分布有显著的影响，残余铝含量和絮体的操作参数呈线性相关，这为PAC和PDMDAAC的复配提供了有效的参考。

　　Yanxia Zhao等[14]用TiCl4和PDMDAAC对腐殖酸(HA)-高岭土合成模拟水样进行了絮凝处理，以评估PDMDAAC对絮凝过程和絮体特征的影响。HA的去除率与PDMDAAC和TiCl4的添加量有关，HA的去除率随PDMDAAC增加而增高，而且在TiCl4含量低的时候这种现象显著于TiCl4含量高的时候。此外PDMDAAC-TiCl4(先加PDMDAAC，后加TiCl4)比TiCl4-PDMDAAC(先加TiCl4，后加PDMDAAC)有较好的浊度去除率和HA的去除率。TiCl4和PDMDAAC的复配使用明显地改善了絮状物大小和絮体成长速度。

　　1.3 环氧氯丙烷与胺反应的聚合物

　　此类阳离子高分子絮凝剂的最大特点：它们能在含氯分散相的水分散体中使用而不与氯化物起作用，因此这类絮凝剂使用在含氯分散相的水分散体系中不会降低其絮凝效果[15]。用这种絮凝剂可以对矿山工业的废水絮凝，在石油炼厂废水处理方面也有较好的效果。

　　高和军[16]通过单因素考察了不同交联剂获得的产物相对黏度大小，表明了交联剂性能优越顺序为：己二胺>乙二胺>二甲胺，并采用己二胺、乙二胺以及二甲胺对聚环氧氯丙烷(PECH)进行交联反应，以提高相对黏度，同时还采用三甲胺对产物进行季铵化反应从而增加了阳离子度与水溶性。提出了新型聚多铵锌盐复合絮凝剂体系，最终以己二胺为交联剂的PECHA与氯化锌的物质的量比为1.0复配时除油效果最好，除油率达87.1%。

　　Yuanfang Wang等[17]将环氧氯丙烷(ECH)-二甲胺(DMA)阳离子有机絮凝剂用于处理酸性染料废水和直接染料废水，通过烧杯试验和光散射分析分别确定了ECH-DMA对新型染料废水的絮凝性能以及相应的絮状物的聚集性质，实验表明，用6 mg/L 的ECH-DMA处理酸性和直接染料废水，脱色率均可达80%以上。

　　2 季铵盐型阳离子天然改性有机絮凝剂

　　天然类阳离子型有机絮凝剂以其优良的乳化性、增黏性、絮凝性、结合力、稳定性、安全易降解、原料来源广泛且价格低廉等特点显示出良好的应用前景，广泛应用于医药、食品、洗涤剂及化妆品等工业。此类絮凝剂在提高净水率，减少处理费用以及降低二次污染等方面具有一定的发展空间。

　　任龙芳等[18]在氮气保护下，通过胶原蛋白水解液与甲基丙烯酰氧乙基三甲基氯化铵(DMC)接枝共聚，以叔丁基过氧化氢和焦亚硫酸钠为引发剂，合成出了阳离子胶原蛋白共聚物絮凝剂(PCDMC)，并用该絮凝剂对废弃钻井液进行无公害处理。再以COD去除率、SS去除率、色度为探究指标，经过单因素分析得到PCDMC的较佳合成参数。结果表明，PCDMC具有较强COD、悬浮物去除效果，上清液的色度可降至16倍，COD去除率、SS去除率分别可达92.6%、98.4%，并对重金属铬、铅、镉等也具有较好的去除效果，处理后的污水可以达到二级排放标准。

　　2.1 改性壳聚糖型

　　壳聚糖分子结构中有很多的—NH和—OH，分子上活跃的—NH与水中的H质子化形成阳离子聚合电解质，用来去除含油污水中的COD、SS、金属离子，效率更高。

　　张文轩等[19]用壳聚糖和聚丙烯酰胺接枝共聚物制备了改性阳离子絮凝剂，该絮凝剂在投加浓度为0.1～0.5 mol/L时对较高浊度(大于50 NTU)的高岭土悬浊液模拟水样处理的透光率可达99%，该用量比使用聚合硫酸铁的25 mg/L大为减少，而且达到絮凝平衡的时间也大大缩短。

　　2.2 改性淀粉型

　　淀粉进行阳离子改性后活性基团数目大大增加，聚合物结构呈枝化，分散的絮凝基团对悬浮体系中颗粒物有较强的捕捉与促沉作用，并且对含油污水的处理具有加药量低、处理效果好的优点。马亚峰等[20]以玉米淀粉和丙烯酰胺为原料，以过硫酸铵和亚硫酸氢钠为引发剂，通过共聚反应制备出淀粉-丙烯酰胺接枝共聚物絮凝剂，再用阳离子醚化剂2，3-环氧丙基三甲基氯化铵(GTA)对淀粉接枝共聚物进行阳离子化。并根据正交试验确定了最佳合成工艺条件，该絮凝剂单独对高浊度煤矿井水处理时，投加质量浓度在15 mg/L时，除浊率可达95.59%。此外该絮凝剂复配PAC比现有工艺处理矿井废水有除浊效果好、药剂投加量少、絮体沉降速率快等优点。

　　2.3 木质素型

　　木质素分子结构非常复杂，分子中含有醚键、苯甲醇的羟基、酚羟基、双键、羰基和苯环，可以将其通过很多方法改性形成更多的活性基团，之后再与一些不同的有机单体聚合得到不同特殊功能的水处理剂。

　　杨林等[21]通过化学改性碱木素制备出了含二硫代氨基甲酸盐基团的改性木质素，该改性产品可以用作除油絮凝剂，以质量浓度为35 mg/L的该产品处理pH=6.7的含油废水，废水中的油、COD、SS、色度的去除率分别达到88.2%、71.5%、90.5%、93.7%，其絮凝性能比较优越。

　　张琼等[22]以二甲基丙烯酰胺和造纸黑液中的木质素为原料，经过交联反应制备出了棕褐色粉末的二甲基烯丙基木质素季铵盐絮凝剂。然后以对酸性黑ATT的絮凝效果作为指标，通过单因素实验得出最佳合成条件：木质素与季铵盐单体质量比为1∶2，交联剂K2S2O8占单体质量的5%，反应时间为 5 h。在最佳温度为30 ℃、pH=1.5的条件下，木质素二甲基烯丙基季铵盐对酸性黑ATT的最佳脱色率对应的最佳投加质量浓度为3.75 g/L，最大脱色率为80.06%。

　　3 季铵盐阳离子絮凝剂发展与展望

　　絮凝剂将朝着无毒、无污染、高效、价廉、多功能复合的方向发展。在处理含油污水的效果方面，阳离子型高分子絮凝剂具有的优点是其他类型絮凝剂无可比拟的。新型季铵盐型有机高分子絮凝剂有很多优点：电荷密度高、分子质量大、高效、用量低、种类多，有很大发展前景和商业价值。

　　对季铵盐阳离子未来的发展建议：(1)深化絮凝理论基础，研究絮凝剂的理化性质和絮凝机理，并尝试其他交联剂或单体以合成出适用范围广的高效阳离子絮凝剂。(2)根据有机-无机絮凝剂协同增效的原理，探讨季铵盐阳离子有机絮凝剂与其他絮凝剂的复配和联用，可提高絮凝效果，降低处理成本，进一步拓宽应用范围。(3)对季铵盐阳离子有机絮凝剂进行改性，对制备条件和过程进行改进和完善，降低生产成本，尽可能减少二次污染。具体参见[http://www.dowater.com](http://www.dowater.com/" \t "http://www.dowater.com/jishu/2015-12-09/_blank)更多相关技术文档。

　　现阶段，我国已经将新型水处理药剂作为精细化工新材料列入“优先扶持发展”的高新技术新材料领域。环保政策的强制实施、环保法规的限制和人们环保意思的增强，都预示着水处理剂的市场前景广阔，发展潜力不可估量。