

环境工程治理技术丛书

投药与混合技术

朱月海 编著

范瑾初 审校

中国环境科学出版社

1992

是突出应用性和经验的总结。

本套丛书的编辑委员会承担了组织选题、编写和审稿等具体工作。丛书的内容有单元技术和设备、处理工艺技术和环境污染区域综合防治；废水、废气、废渣的处理与利用和环境影响评价等。在治理技术的编写中，一般包括国内外的技术进展，工艺技术的特点和原理，设计计算和实例介绍与分析，其中有的还包括作者对一些技术问题的讨论和看法。承担编写和审稿的同志大都是多年在第一线上从事这方面工作的专家。本套丛书共几十本，计划分批付印出版。

虽然我们力图使本套丛书深入浅出，图文并茂，具有科学性、实用性和先进性，但由于篇幅所限，每个问题的论述不可能面面俱到，加之从编写到编辑出版时间较紧，而科学技术本身又在不断发展，所以丛书中的缺点和错误在所难免，希望得到读者批评指正。

张崇华

1990年4月

(京)新登字 089 号

内 容 简 介

该书根据药料投加中的一些问题进行探讨,重点讲述混合投加的方法及使用。全书主要有:加药混凝的基本概念、加药系统及布置、投药系统的设备设计、混合设备等。

本书可供环境医药、工程专业的科研、技术及生产管理人员参考,也可作大专院校有关专业的教学参考书。

环境工程治理技术丛书 投药与混合技术

朱月海 编著
范瑾初 审校
责任编辑 陈善华

*

中国环境科学出版社出版
北京崇文区北岗子街8号
三河县宏达印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

1992年11月第一版 开本 787×1092 1/32
1992年11月第一次印刷 印张 10 1/4 插页 1
印数 1-3 000 字数 228千字

ISBN 7-80093-207-9/X·631

定价: 5.80元

《环境工程治理技术丛书》编辑委员会

主 编 张崇华
副主编 顾国维 沈光范 刘秀茹
 臧玉祥
编 委 魏 平 朱耀华 程岩法
 彭志良 黄文国 蒋如质
 曹凤中 宫 伟 蒋琪瑛

序

解决我国的环境问题，一靠政策，二靠管理，三靠科学技术。在政策上，我国已把环境保护列为一项基本国策并制定了一系列方针政策；在管理上，我们不断总结经验，加强制度建设，强化监督管理，正在建立环境保护工作的新秩序；在科学技术上，关键是要抓好两头，一头是集中财力物力和人力，围绕解决经济建设和社会发展中迫切需要解决的环境问题的关键性技术课题，认真开展科研攻关；另一头是大力开发和普遍推广效益好、见效快、适用性强的治理污染的技术成果，提高广大环境保护工作人员的业务水平和业务素质，帮助广大企业包括乡镇企业加速实现环境保护的技术进步。这是密切科技和生产的结合，迅速提高我国防治污染水平的重要途径。

10多年来，我国各科研院所、高等院校、设计单位以及工业地区的专业部门在污染防治、环境工程技术等方面取得了许多科技成果，积累了不少经验。把这些科技成果和经验加以归纳总结使多数人掌握，可以避免环保科研工作在一水平上的重复劳动。把国内科技研究同引进先进技术有效地结合起来，有利于加速对引进技术的消化、吸收和创新。

鉴于科学技术的重要性和交流、总结经验的迫切性，国家环境保护局科技司和国家环境保护局环境工程协调委员会组织编写了这套《环境工程治理技术丛书》，在编写的体例上既不同于一般的科研成果报告，又不同于一般的教科书，而

目 录

第一章 加药混凝的基本概念.....	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 常用药剂及适用条件	(7)
第三节 影响混凝和加药量的主要因素	(21)
第四节 药剂的投加量	(28)
第二章 加药系统及布置	(51)
第一节 加药系统与加药方法	(51)
第二节 加药间、药库及管路布置	(59)
第三节 加药系统的设计计算	(74)
第四节 设计计算实例	(89)
第五节 石灰的应用、配制和投加	(99)
第三章 投药系统的设备设计.....	(125)
第一节 溶药与搅拌设备的设计	(125)
第二节 投加提升设备的设计	(164)
第三节 计量设备设计	(235)
第四节 自动加药装置	(275)
第四章 混合设备.....	(289)
第一节 混合的基本要点及方法	(289)
第二节 管式混合	(291)
第三节 混合池混合和水泵混合	(296)
第四节 机械混合	(300)

第一章 加药混凝的基本概念

第一节 概 述

一、水中杂质的分类

水质系是由水和杂质组成的，水中杂质按其本性可分为无机物、有机物和微生物三类。按其颗粒物的大小及与水之间的相互关系可分为悬浮物、胶体物和溶解物三类。悬浮物通称粗分散系，其颗粒物在 $0.2\mu\text{m}$ 以上，包括悬浊液、乳浊液及大多数微生物；胶体物属胶态分散系，颗粒物为 1nm (10\AA) 到 $100\sim 200\text{nm}$ ($0.1\sim 0.2\mu\text{m}$)，其中高分子物以溶液存在，溶胶微粒以溶胶存在；溶解物属分子-离子分散系，颗粒物小于 10\AA ，包括各种无机、有机的低分子物及其离子，它们在水中成为溶液。按水中杂质的颗粒物分类见表1-1。

水中不同分散系的杂质，在污染特性、观测分析方法及分离去除技术等是不同的。无论是从给水处理角度考虑还是从污水治理角度考虑，目的都是除去水中杂质，达到生活饮用水标准或污水的排放标准。

水中分散颗粒互相作用结合成聚集体而增大的过程称为混凝。使颗粒混凝的物质通称为混凝剂，或称凝聚剂、水解混凝剂，俗称“药剂”。水解混凝剂不仅可引起污染颗粒的混凝，而且水解，形成能结合成大块絮状体的难溶产物。因此混凝作用的重要特性在于，能在正确组织生产过程中，除了解决主要工艺任务，从水中除去粗分散及胶体污染物之

表1-1 水中杂质的颗粒物

分 类	高分散系 (分子、离子) 0.5~10 Å(1nm)	胶态分散系 (高分子、溶液) 1~200nm(0.2μm)	粗分散系 (悬浊、乳浊) 0.2~1000μm(1mm)
无 机 物	H ₂ O 2.76Å O ₂ 2.90Å CO ₂ 3.24Å 水合分子	金溶液4nm 硅溶胶20~50nm 金属氢氧化物 10~100nm 炭黑10~500nm 粘土5~4000nm	颜料0.1~5μm 金属粉尘1nm~100μm 煤尘1~100μm 灰尘1~200μm 水泥3~100μm 浮选矿粉10~200μm 细泥4~50μm 细砂50~250μm 中砂250~500μm
	K ⁺ 3.50Å Cl ⁻ 3.68Å Na ⁺ 4.34Å NO ₃ ⁻ 4.06Å Ca ²⁺ 5.44Å OH ⁻ 4.92Å Mg ²⁺ 5.92Å		
有 机 物	染料9~13Å 谷氨酸5×8× 16 Å 蔗糖8×9×11Å 水合离子	脱糖核糖核酸 DNA2nm 酶25nm 蛋白质10~70nm 纤维素、橡胶 0.5×400~ 800nm 絮凝剂400~800nm	红血球7.5μm 纸浆纤维5~100μm 石油微滴5~100μm 头发粗30~200μm
	甲酸7Å 乙酸8 Å 乙酸9 Å 苯酸12 Å 刚果红14 Å 二苯醋酸16 Å		
微 生 物		病毒3~150nm	细菌0.2~1μm×1~ 30μm

续表

分类	高分散系 (分子、离子) 0.5~10Å(1nm)	胶态分散系 (高分子、溶液) 1~200nm(0.2μm)	粗分散系 (悬浊、乳浊) 0.2~1000μm(1mm)
微生物			硫磺菌20~50μm 藻类3~5μm 酵母5~8μm 阿米巴10~50μm 动物性浮游生物 40~300μm
观测方法	质子显微镜~ 10Å	电子显微镜1~ 1000nm 超显微镜4nm~ 40μm X线衍射2~100nm	普通显微镜0.2~ 1000μm 光散射10nm~10μm 肉眼70μm
射线波长	X线~10nm	远紫外线10~ 200nm	近紫外线0.2~0.38μm 可见光线0.38~ 0.78μm 红外线0.78~300μm

外，还可达到显著地去除某些真溶液杂质。

二、水的凝聚处理

无论是给水净化处理、工业废水处理、城市生活污水处理和工业用水中的软化水、脱盐水、纯水、高纯水的预处理，都离不开物化处理。凡进行物化处理的，通常需向水中投加使水中杂质进行凝聚的混凝药剂，通称为“投药”。典型的凝聚处理为：凝聚沉淀、凝聚澄清、凝聚气浮、凝聚过滤等，

它们都属于物化处理的范畴。

投药系统、投药设备和方法、投药量的计算和计量以及混和、反应等成为物化处理中必不可少的组成部分。但在前人的书中，对混凝剂、助凝剂的种类、性质，混凝的原理、机理的研究探讨，混凝剂的水解和混凝动力学等论述较多，而对加药方法、设备、加药量计算等提及很少，有的根本没有谈及，因此对各种加药系统、加药设备、加药方法了解不多，重视不够，投药量不准，造成凝聚处理效果不佳，操作管理不严，设备腐蚀、损坏后得不到及时维修，药剂浪费较严重。为解决上述之不足，达到物化处理（凝聚处理）理想之目的，特编写此《投药与混合技术》专辑。

三、名词解说

分散系——一种或几种物质均匀地分散在另一种物质中，它们共同组成的体系称为分散系。各类水质系实际上都是以水为分散介质的分散系，分散在水中的分散体微粒的大小称为体系的分散度（单位以 nm 表示），粒度越小，分散度越高。分散微粒粒度大于 100nm 的称为粗分散系；粒度在 $100\sim 1\text{nm}$ 的称为胶态分散系；粒度小于 1nm 的称为分子-离子分散系，也就是一般的真溶液。胶态分散系包括溶胶和高分子溶液两类体系，它们具有沉降稳定性（即长期保持其分散状态而不破坏）和聚合稳定性（即微粒能保持单独分离状态而不发生彼此的聚合），水处理中投加各种药剂的目的就是降低或破坏其沉降稳定性和聚合稳定性，使分散微粒通过碰撞而结合成聚集体发生沉淀，达到除去的目的。

浑浊度——水中含有悬浮和胶体状态的杂质，使水产生不透明的浑浊现象，其浑浊程度以浑浊度作指标。浑浊度的

标准单位常以不溶性的 $1\text{mgSiO}_2/\text{L}$ 所构成的浑浊度为1度，如果某种水的浑浊度为 x 度，则它的浑浊程度相当于 $x\text{mgSiO}_2/\text{L}$ 标准浑浊液一样，与水中颗粒的种类和大小无关。这种标准单位称为“硅单位”，比较方便实用，我国采用的就是标准硅单位浑浊度。还有一种比较通用的是“标准浊单位”，它虽比硅单位浑浊度严格，但复杂而不够实用，我国不采用。

这里要注意两点：一是要把浑浊度与色度相区别，某种水可能色度很深但却仍透明而不浑浊；二是浑浊度不等同于悬浮物含量。水的浑浊度虽然在相当程度上是悬浮物造成的，而且浑浊度也常用产生浑浊的物质质量来表示，但悬浮物质含量是指可用滤纸截留的物质质量，是一种直接数量，而浑浊度指的是一种光学效应，它表现出光线透过水层时受到阻碍的程度。这种光学效应与颗粒的大小及形状有关，从胶体颗粒到悬浊颗粒都会产生浑浊现象，其粒径幅度很大，故两种水如果有相同的悬浮物含量，但若颗粒粒径分级状况不同，其浑浊度未必相等。

浑浊现象是从表观上判断水是否遭受污染的主要特征之一，水的浑浊度高，其水中所含杂质量必多。浑浊度首先是生活饮用水的重要指标，水中无机泥沙微粒本身虽不一定直接有害健康，但微粒上常附着细菌，危害人的健康。生活饮用水规定浑浊度不超过3度，加药混凝、沉淀、澄清等除浊是生活饮用水的主要处理内容。工业用水对浑浊度也有一定的要求，如锅炉用水为防止炉内结垢，要求浊度尽可能低，食品、染色、造纸等要求与生活饮用水相似的低浊度水，人造纤维制造用水要求浊度低于0.3度等。因此，加药除浊是给水与废水处理的主要任务之一。

透明度——表示水的透明程度的指标。它与浑浊度的意

义恰恰相反，但二者反映的是同一事物，都是表明水中杂质对透过光线的阻碍程度。测定透明度的方法按不同水质可分为标准铅字法（测定生活饮用水）、十字法（测定浊度为100~800度的水）、白瓷盘法（适用河水、湖水、水厂水池水等现场测定）。用透明度可求得与标准浑浊度之间的换算关系，换算关系一经确定，就可对同类水进行简便的透明度测定来代替较繁杂的浑浊度测定。

混凝剂——降低或消除水中分散微粒的沉淀稳定性和聚合稳定性，使分散微粒凝聚、絮凝成聚集体而除去的物质称为混凝剂。俗称药剂。其中包括凝聚剂、絮凝剂、助凝剂等。混凝剂分为无机和有机两大类，其中又分低分子和高分子混凝剂，无机类低分子混凝剂中在我国最常用的是三价的铝盐和铁盐，活化硅酸作为助凝剂应用也较早，无机高分子聚合氯化铝和碱式氯化铝近几年来发展较快，采用较多。有机混凝剂应用不多，仅聚丙烯酰胺有一定应用。

混凝——向水中投加混凝剂后，混和、凝聚、絮凝等这几个作用先后综合进行，整个过程总起来称为混凝，包括颗粒脱稳和颗粒传输两个方面。水中微粒之间尚未直接接触，微粒之间相距一定距离时达到平衡而形成聚集体，这种聚集过程称为凝聚。凝聚的聚集结构中，微粒之间存在薄层水膜，间距约10 Å左右。从物理理论来说把凝聚分成两类：一是浓缩凝聚，此时颗粒双电层被压缩而失去稳定性；二是中和凝聚，在压缩双电层的同时，电位减小。如果微粒水化膜的粘滞力较弱，而微粒间的范德华引力足够大，则可把微粒间夹层水膜排挤出去，各微粒进行直接接触，形成化学键结合，成为结晶整体，这种聚集过程称为絮凝。从胶体化学来说，絮凝的含义是颗粒的聚集，其中包括颗粒的直接接触，颗粒

间由吸附的絮凝剂分子相互发生作用。絮凝过程与凝聚过程的根本区别也正在这里。

第二节 常用药剂及适用条件

应用于水处理中的药剂（混凝剂）应符合混凝效果好、对人体健康无害、使用方便、货源充足、价格低廉等基本要求。但实际中同时要满足上述五方面的基本要求是较难的，应根据当地当时的实际情况和客观条件进行分析研究和比较后决定。

一、混凝剂

混凝剂繁多，无机类中可分为低分子、高分子，而高分子中又可分为阳离子型和阴离子型，有机类中分为表面活性物质（阴离子型和阳离子型）、低聚合度高分子（阴离子型、阳离子型、非离子型、两性型）、高聚合度高分子（阴离子型、阳离子型、非离子型）等。但归纳起来可分如下两大类：

（一）金属盐类混凝剂

金属盐类混凝剂中使用最广的是铝盐和铁盐。其分子式 Al_2O_3 及 Fe_2O_3 含量等见表1-2。

在我国铝盐用得较多的是粗制与精制硫酸盐 $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O]$ 和明矾 $[Al_2(SO_4)_3 \cdot K_2SO_4 \cdot 24H_2O]$ ；铁盐使用较多的是三氯化铁 $(FeCl_3 \cdot 6H_2O)$ 和硫酸亚铁 $(FeSO_4 \cdot 7H_2O)$ 。

铝盐是用 H_2SO_4 对原粘土或焙烧粘土（高岭土、铝矾土、霞石等）进行处理，然后对其溶液进行过滤、蒸发和结晶而

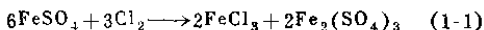
表1-2 金属盐类混凝剂

混 凝 剂	分 子 式	含 量 (重 量 %)		
		Al ₂ O ₃ 及 Fe ₂ O ₃	非溶解杂质	
铝 盐	硫酸盐:			
	粗制硫酸盐	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	>9	<23
	精制硫酸盐	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O	>13.5	≤0.3
		Al ₂ (SO ₄) ₃ ·14H ₂ O	17~19	
		Al ₂ (SO ₄) ₃ ·14H ₂ O	28.5	3.1
	铝酸钠	NaAlO ₂	45~55	6~8
	明矾 (硫酸铝与硫酸钾的复盐)	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·K ₂ SO ₄ ·24H ₂ O	10.6	
钾铝	KAl(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	10.2~10.7	0.04~0.2	
氨铝	NH ₄ Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	11.0~11.2		
铁 盐	三氯化铁	FeCl ₃ ·6H ₂ O	>95	
	硫酸亚铁 (绿矾)	FeSO ₄ ·7H ₂ O	>47	<1
	氯化绿矾	Fe ₂ (SO ₄) ₃ +FeCl ₃		
	硫酸铁	Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·2H ₂ O	68~76	<40

取得。

铁盐中，氯化铁通常用氯对废铁进行处理而获得，有时直接在水处理现场进行，也可利用铁在食盐或硫酸溶液中的阳极溶解法制作。

绿矾可从金属酸洗溶液中得到。氯化绿矾可直接在水处理厂用氯处理FeSO₄的方法获得。其反应式为：



反应式中，1g FeSO₄·7H₂O的氯理论耗量应是0.128g，

而实际上氯的耗量达到0.16~0.20g,其原因可能是有部分氯消耗在氧化水中有物质并形成复杂的含铁化合物之故。

硫酸铁用硫酸与三氧化二铁作用而制得。常利用硫酸工业的废料黄铁矿灰渣作原料,如从硫酸工业废料含有31~35% Fe_2O_3 的二氧化钛得到 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 是早已用的方法。二氧化钛生产的含铁废料作为处理污水用的混凝剂具有独特的性质。还可用二氧化硫与 FeSO_4 溶液作用而制得 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ 。

(二)高分子混凝剂

1.无机高分子混凝剂

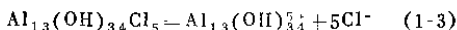
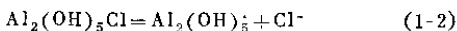
目前国内外研制与使用较广泛的无机高分子混凝剂为聚合氯化铝和碱式氯化铝。

(1)聚合氯化铝 $[\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}]_m$ 。它可看作为羟基配合物 $\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}$ 为单体,m为聚合度的高分子聚合物,称为羟基氯化铝。它是以铝灰或含铝矿物作为原料,采用酸溶或碱溶法加工制成。因原料和生产工艺不同,产品规格也不一致。有时利用铝工业废料中的氯化铝或用铝在食盐溶液中阳极溶解得到氯化铝来制作 $\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}$ 。日本采用直接从600℃焙烧粘土制取羟基氯化铝。

当利用盐酸作为电解质进行铝的阳极溶解达到 $\text{Al}:\text{Cl}=2:1$ 时,可得到羟基氯化铝。制造1kg产品所消耗的电能约为1kW·h。 $[\text{Al}_2(\text{OH})_n\text{Cl}_{6-n}]_m$ 化学式中, $n=1\sim 5$, $m\leq 10$ 。如 $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$,则为 $m=1$ 、 $n=5$ 的简单羟基配合物, $\text{Al}_{16}(\text{OH})_{40}\text{Cl}_8$ 则为 $m=8$ 、 $n=5$ 的聚合物或多核配合物。

(2)碱式氯化铝 $\text{Al}_n(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$ 。此式也可写成 $[\text{Al}_2(\text{OH})_m\text{Cl}_{6-m}]_n$,都是表示某种高分子电解质的形态,可看作复杂的多核配合物。如 $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ 、 $\text{Al}_6(\text{OH})_{16}\text{Cl}_4$ 、 $\text{Al}_{13}(\text{OH})_3\text{Cl}_5$ 以及 $[\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}]_n$ 等。

无机高分子混凝剂发挥混凝作用的是在溶液中被电离的带正电荷的高离子：



聚合氯化铝中羟基OH与铝Al的当量之比称为碱化度，常用B表示。即：

$$B = \frac{[\text{OH}]}{3[\text{Al}]} \times 100\% \quad (1-4)$$

$\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ 的 $B = 5/(3 \times 2) = 83.3\%$ ； $\text{Al}_{13}(\text{OH})_{34}\text{Cl}_5$ 的 $B = 34/(3 \times 13) = 87.2\%$ ， $\text{Al}_6(\text{OH})_{16}\text{Cl}_4$ 的 $B = 16/(6 \times 3) = 88.89\%$ 等。碱化度B值越高，说明羟基所占比例越大，越接近于 $[\text{Al}(\text{OH})_3]_n$ 的形态。 $[\text{Al}(\text{OH})_3]_n$ 的 $B = 3n/(n \times 3) = 100\%$ ，而 AlCl_3 的 $B = 0/3 = 0$ ，是两端的极限。通常来说，碱化度越高的聚合氯化铝，其粘结架桥性能越好，但因接近于 $[\text{Al}(\text{OH})_3]_n$ 而很容易产生沉淀，稳定性差，所以目前采用的聚合氯化铝的碱度大多制造成为50~80%左右。

聚合氯化铝的聚合度即分子式中的n值，表明高分子的分子量。一般无机高分子的分子量小于有机高分子，大约只在数千左右，所以n值也不甚高。

聚合氯化铝一般对给水处理和废水处理的各种水质及水的pH值适应性较强，絮凝体形成较快，颗粒大而重，投加量远低于硫酸铝，所以目前使用很广泛。

2. 有机高分子混凝剂

有机高分子混凝剂有天然的和人工合成的。天然产物多属于蛋白质或多糖类化合物，如动物胶、淀粉、藻朊酸钠等。人工合成产品多是聚丙烯、聚乙烯物质，如聚丙烯酰胺、聚丙烯酸钠、聚乙烯亚胺等。这些絮凝剂都是水溶性的

线型高分子物质，均为巨大的线性分子，每一个大分子由许多链节组成，链节间以共价键结合。每一链节即为一个单体，链节数即为聚合度，聚合度数日大约在1000~5000，分子量即为单体分子量之和，可达数千到数百万，链状分子长度大约为400~800nm。

有机高分子混凝剂沿链状分子有若干官能基团，在水中大部分可电离，即属于高分子电解质。根据可离解基团的特性，可以分为阴离子型、阳离子型、两性型等，阴离子型的基团如 $-\text{NH}_2\text{OH}$ 、 $-\text{SO}_3\text{H}$ 、 $-\text{OSO}_3\text{H}$ 等，阳离子型基团如 $-\text{NH}_3\text{OH}$ 、 $-\text{NH}_2\text{OH}$ 、 $-\text{CONH}_3\text{OH}$ 等，两性型则同时含有两种基团。此外还有不能电离的非电解质的有机高分子混凝剂，称为非离子型。

现有的高分子混凝剂较多的是阴离子型，它们对水中负电胶体杂质只能发挥助凝作用，往往不能单独使用，而是配合铝盐、铁盐混凝剂使用。阳离子型混凝剂同时能发挥凝聚和絮凝作用而单独使用，故得到较多较快地发展。

我国当前使用较多的是聚丙烯酰胺（俗称三号絮凝剂），其聚合度 n 多达20000~90000，相应的分子量高达150~600万，为非离子型高聚物。但它可通过水解构成阴离子型，也可通过引入基团制成阳离子型，所以聚丙烯酰胺类制品在分子混凝剂中为数甚多。

阴离子型对负电胶体具有吸附作用，而阳离子型的吸附作用尤为强烈，而且在吸附同时对负电胶体还起中和脱稳作用，故阳离子型作为混凝剂更为适用。阴离子型对未经脱稳胶体来说，由于静电斥力有碍于吸附架桥作用的充分发挥，通常作为助凝剂使用。非离子型可用作为混凝剂，也可作为助凝剂。聚丙烯酰胺作为助凝剂使用时，效果较好的是它的改