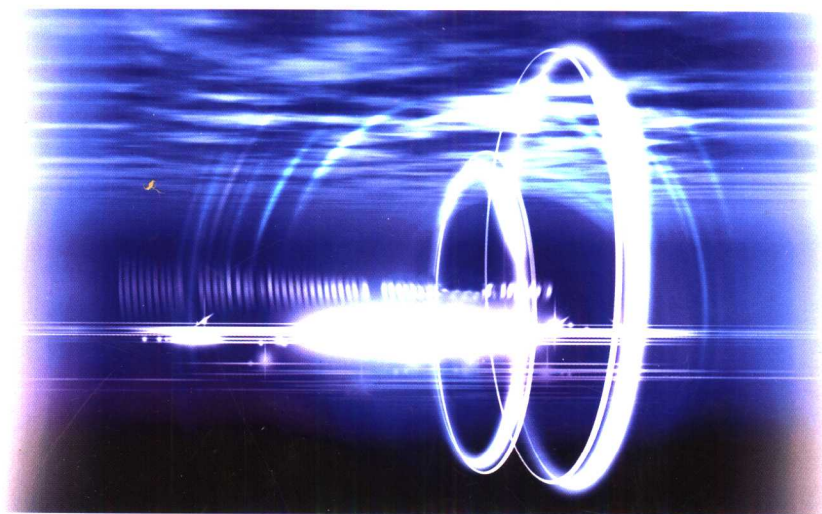


李 星 杨艳玲 李 虹 李圭白 著

透光率脉动检测 混凝投药控制技术



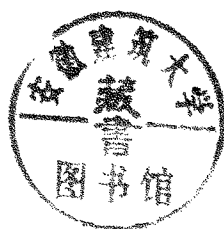
Chemical Industry Press



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

透光率脉动检测 混凝投药控制技术

李 星 杨艳玲 李 虹 李圭白 著



化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

透光率脉动检测混凝投药控制技术/李星等著.
北京: 化学工业出版社, 2005. 3
ISBN 7-5025-6746-1

I. 透… II. 李… III. 水絮凝-絮凝剂-控制
IV. TU991.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 018070 号

透光率脉动检测混凝投药控制技术

李 星 杨艳玲 李 虹 李圭白 著

责任编辑: 董 琳 管德存

责任校对: 郑 捷

封面设计: 关 飞

*

化 学 工 业 出 版 社
环境科学与工程出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 720mm×1000mm 1/16 印张 15¼ 字数 276 千字

2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6746-1/X · 598

定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

本书介绍的是近 20 年开发出的一种混凝投药控制新技术。它采用流过式光电检测方法，可以检测出水中悬浮物颗粒粒径的变化情况，并据此进行混凝投药的控制，控制因子少。该技术适用范围广，控制系统简单，经济适用。

本书可供从事水处理的设计运行、研究、教学人员以及大专院校学生参考。

前 言

水的混凝（絮凝）广泛用于多种工业领域的固液分离过程中，尤其是水处理工艺中。水的混凝效果的好坏常对后续的处理单元甚至全过程都有重要影响。影响混凝效果的因素众多，其中混凝剂（絮凝剂）投加量无疑是最重要的因素；混凝剂投加量不足，难以获得好的效果，混凝剂投加量过多，则造成浪费，影响水处理的经济效益，所以只有使混凝剂投加量处于最佳范围，才能获得要求的效果。但是，在生产中原水的水质和水量都经常变化，要控制投药量始终处于最佳范围，无疑是人们希望达到的目标。为此，已经开发出多种混凝剂投加量控制技术，特别是20世纪60年代以来，在计算机技术和水质在线检测技术迅速发展的基础上，出现了许多混凝投药自动控制技术。

本书介绍的是近20年开发出的一种混凝投药控制新技术。它采用流过式光电检测方法，可以检测出水中悬浮物颗粒粒径的变化情况，并据此进行混凝投药的控制，控制因子少。由于它以比值的方式输出信号，所以可以不受透光壁面沾污和电子元件老化漂移等对检测值的影响，不仅可以用于水质较好的天然水源水，还可以用于工业废水、城市污水的混凝，以及污泥的调理。该技术因适用范围广，控制系统简单，经济适用，已逐步在国内推广使用。

水中颗粒的透光率脉动检测技术于20世纪80年代发明于英国。李圭白于80年代末赴英国访问期间，完成了将该技术用于高浓度悬浮液絮凝投药控制的模型试验。之后，李星和杨艳玲又赴英继续这项研究。90年代初，李圭白和他的学生们将该技术在我国用于济南市一水厂大型高浊度水絮凝辐流式沉淀池的投药自动控制获得成功。与此同时，与北京精密单因子水工程技术有限公司联合开发出用于生产的FP-30型透光率脉动检测传感器以及前馈-定值反馈控制（FP-3000型）前馈-串级反馈控制（FP-4000型）的混凝投药控制系统。此后，这些控制系统便相继在水源水和工业废水处理中推广应

用，取得了许多经验和成果。迄今，透光率脉动检测混凝投药自动控制技术及成套设备只在我国有生产应用，为我国所独有。

本书就是笔者和他的学生们多年来对该技术的研究和生产应用的部分成果。

笔者对曾参加本技术工作的科技人员，特别是博士研究生和硕士研究生表示感谢。本书可供从事水处理的设计运行、研究、教学人员以及大专院校学生参考。

由于笔者水平有限，不足之处在所难免，望读者批评指正。

本研究内容得到国家自然科学基金项目的资助（项目批准号：50078017）。

笔 者

2005 年 1 月

目 录

绪论	1
第 1 章 透光率脉动检测技术原理	19
1.1 浊度及颗粒粒径的影响	19
1.1.1 浊度	19
1.1.2 颗粒粒径对浊度的影响	20
1.1.3 浊度值的计算	21
1.2 透光率脉动检测理论	22
1.2.1 颗粒浓度的脉动现象	22
1.2.2 透光率脉动现象的检测	23
1.2.3 有效脉动检测信号的表达	24
1.3 影响因素的分析	28
1.3.1 颗粒粒径对脉动检测值的影响	28
1.3.2 数量浓度和颗粒粒径的计算	29
1.3.3 颗粒折射系数的影响	30
1.3.4 检测极限	31
1.4 凝聚过程对脉动检测值的影响	32
第 2 章 透光率脉动检测混凝控制仪原理及混凝投药自动控制方法	36
2.1 透光率脉动检测混凝控制仪原理	36
2.2 透光率脉动检测混凝投药自动控制方法	39
2.2.1 系统组成	39
2.2.2 取样系统	39
2.3 影响检测值的因素	41
2.3.1 传感器和测控仪增益对检测值的影响	41
2.3.2 取样流速对检测值的影响	44
2.3.3 传感器取样管径对检测值的影响	46
2.3.4 检测值的时间效应及取样点的选择	47
2.4 淹没式传感器的研制	49
2.4.1 淹没式传感器的构造	49
2.4.2 实验设备和方法	49
2.4.3 检测值与投药量之间的相关性	51

2.4.4	检测值与沉后水浊度之间的关系	53
2.4.5	淹没式传感器的性能评价	54
2.5	模型混凝反应器	57
2.5.1	模型混凝反应器的混凝投药自控系统	57
2.5.2	模型混凝反应器的要求	58
2.5.3	模型混凝反应器的几种形式	58
2.6	控制系统的设计、安装与维护	63
第3章	透光率脉动检测混凝投药自动控制系统	65
3.1	混凝投药自动控制系统	65
3.1.1	单回路控制系统	65
3.1.2	前馈-反馈控制系统	66
3.1.3	串级控制系统	67
3.1.4	前馈-串级控制系统	68
3.2	混凝投药控制系统的设定值	69
3.2.1	水的静态混凝试验	69
3.2.2	透光率脉动检测曲线特征参数分析	72
3.2.3	控制系统的设定值及其影响因素	77
第4章	高浓度悬浮液絮凝特性及投药自控技术	82
4.1	高浓度悬浮液的试验研究方法	82
4.1.1	方法及装置	82
4.1.2	试验原料及配制	83
4.1.3	试验的基本过程	83
4.1.4	结果的一般形式	84
4.2	检测值与絮凝体沉淀速度的关系	85
4.3	絮凝剂投加条件对絮凝过程的影响	87
4.3.1	加药量的影响	88
4.3.2	药液投加浓度的影响	89
4.3.3	药剂投加时间和方式的影响	91
4.4	混合和搅拌条件对絮凝的影响	93
4.4.1	快速混合时间的影响	94
4.4.2	快速混合强度的影响	95
4.4.3	悬浮物浓度的影响	96
4.5	絮凝剂特性对絮凝过程的影响	96
4.5.1	引言	96
4.5.2	试验方法及原料	98

4.5.3 电荷密度的影响	100
4.5.4 分子量的影响	104
4.6 高浊度水絮凝最佳GT值研究	108
4.6.1 引言	108
4.6.2 试验结果及讨论	109
4.7 透光率脉动絮凝投药自控技术在高浓度悬浮液絮凝中应用可行性研究	111
4.7.1 引言	111
4.7.2 在小型连续流试验系统中絮凝投药控制的可行性研究	112
4.7.3 在中型连续流系统中絮凝投药自动控制的可行性研究	118
4.8 高浊度水透光率脉动检测絮凝投药自动控制生产试验	120
4.8.1 黄河一水厂概述	120
4.8.2 絮凝投药控制系统	121
4.8.3 控制系统调试	122
4.8.4 控制系统的控制性能	125
4.8.5 絮凝投药自动控制系统的经济效益	129
第5章 矿井水透光率脉动检测混凝投药自动控制技术	130
5.1 煤矿矿井水及水处理技术	130
5.2 透光率脉动检测混凝投药自动控制系统	132
5.2.1 控制系统的设置	132
5.2.2 加药点和取样点的选择	133
5.2.3 取样系统及传感器的设置	134
5.2.4 在线浊度仪的安置	135
5.3 控制系统的调试	136
5.3.1 系统响应时间的测定	136
5.3.2 控制系统的调节性能	137
5.3.3 控制系统的经济效益	141
第6章 钢铁工业废水透光率脉动检测混凝投药自动控制技术	143
6.1 钢铁工业废水处理的意義	143
6.2 钢铁工业废水的分类及其性质	144
6.3 包钢集团污水处理厂简介	145
6.3.1 包钢集团污水处理厂工程背景	145
6.3.2 废水处理工艺流程	146
6.4 包钢总排废水混凝试验研究	147
6.4.1 试验材料与试验方法	147

6.4.2	单独投加 PFS 时的混凝试验	148
6.4.3	PFS 和 PAM 联用时的混凝试验	153
6.5	混凝投药自控系统的建立	158
6.5.1	总体控制方案	158
6.5.2	系统结构与配置	159
6.6	控制系统的安装与调试	160
6.7	控制系统的综合评价	160
6.7.1	控制系统的控制性能	160
6.7.2	控制系统的经济效益	164
第 7 章	含油污水混凝特性及透光率脉动检测混凝投药自动控制	
	技术	166
7.1	油田含油污水及其处理技术	166
7.1.1	油田含油污水的性质	166
7.1.2	油田含油污水处理的方法	167
7.2	含油污水的混凝特性	169
7.2.1	水质标准及静态试验方法	169
7.2.2	含油污水混凝特性	169
7.3	中试工艺流程投药自控系统	172
7.3.1	中试工艺流程及设备	172
7.3.2	投药自动控制系统组成	173
7.3.3	取样点的选择	173
7.4	水处理中试工艺及混凝投药自控系统的运行	176
7.4.1	含油污水的水质变化及中试工艺的处理效果	176
7.4.2	混凝投药自控系统运行参数确定	178
7.4.3	混凝投药自控系统的调节性能	179
7.5	混凝投药自控系统经济效益	181
第 8 章	含油污水深度处理透光率脉动检测混凝投药自动控制技术	183
8.1	原水水质	183
8.2	静态试验研究	186
8.3	水处理中试工艺	189
8.3.1	中试工艺的系统组成	189
8.3.2	中试工艺的影响因素	190
8.4	混凝直接过滤工艺的投药自控可行性	193
第 9 章	天然水源水混凝特性和透光率脉动检测混凝投药自动控制	
	技术	198

9.1 天然水源水混凝特性的研究方法	198
9.2 透光率脉动检测技术对混凝过程的研究	199
9.3 透光率脉动检测混凝投药自控技术的应用	206
9.3.1 透光率脉动检测混凝投药控制技术在四川泸州某水厂的应用	207
9.3.2 透光率脉动检测混凝投药控制技术在武汉工业企业水厂中的应用	212
第 10 章 透光率脉动检测技术在污泥调理中的应用	220
10.1 引言	220
10.2 试验装置与试验方法	221
10.3 絮凝药剂对污泥脱水性能的影响	222
10.3.1 加药量的影响	222
10.3.2 絮凝剂特性的影响	223
10.4 动态试验	226
10.4.1 试验装置及试验方法	226
10.4.2 试验结果分析	227
参考文献	230

绪 论

引 言

水中的杂质颗粒按其尺寸大小,可分为悬浮体 ($>1\mu\text{m}$)、胶体 ($1\sim 1000\text{nm}$) 和真溶液 ($<1\text{nm}$)。水中的泥砂,尺寸在 $50\text{nm}\sim 4\mu\text{m}$ 范围的称为黏土,在 $4\sim 60\mu\text{m}$ 范围的称为粉砂,再大的称为细砂和粗砂。水中的病毒尺寸一般为 $10\sim 300\text{nm}$,细菌尺寸一般为 $0.2\sim 80\mu\text{m}$ 。原生动物尺寸一般大于 $2\mu\text{m}$,藻类尺寸也大于 $2\mu\text{m}$ 。水中颗粒杂质的存在形态,如图 0-1 所示。

生活饮用水和各种生产用水都对水中悬浮颗粒(包括胶体和悬浮物)的数量、形态和特性有一定的限制,所以对水中颗粒物的检测是评价水质的主要依据之一。

在处理及使用过程中,水中的颗粒物质数量、形态和特性都会发生变化,所以检测和控制水中颗粒数量、形态和特性的变化也十分重要。常规水处理工艺流程都是以去除水中颗粒物质为目标的,要求根据水中颗粒尺寸的情况来进行过程检测和控制。

混凝是指水中胶体粒子以及微小悬浮物等杂质在混凝药剂作用下进行的聚集过程,它是凝聚和絮凝的总称。混凝法广泛用于饮用水水质净化以及城市污水的三级处理和污泥处理中,也常用于各种工业废水(如造纸、钢铁、纺织、煤炭、选矿、化工、食品等工业废水)的预处理、中间处理或最终处理中;除用于除去水中悬浮物和胶体外,还用于除油脱色等多种处理工艺中。混凝过程在众多水处理工艺流程中均起着极其重要的作用,是不可或缺的关键环节,其效果的好坏往往决定着后续工艺流程的运行工况和最终出水的水质。

对于特定的水处理工艺来说,水处理构筑物的型式、工艺运行参数等已经确定,此时混凝过程的控制通常指的是调整混凝剂的投加量或投加方式等,以适应原水水质、水量、混凝剂浓度、效能等的变化,使得混凝过程始终处于最佳状态。混凝剂的费用是仅次于电费而构成制水成本的第二大因素。及时准确地调节混凝剂投加量,一方面是为了保证水处理效果,提高出水合格率,另一方面则是为了降低混凝剂消耗量,减少运行成本。因此,在保证水处理效果的前提下,节约混凝剂的消耗量是降低净水成本的重要措施,具有显著的经济效益。

水处理中的混凝现象比较复杂,不同种类的混凝剂和不同水质的原水之间

尺寸 /mm /μm	10 ⁻¹ 10 ⁻⁴	1 10 ⁻³	10 10 ⁻²	10 ² 10 ⁻¹	10 ³ 1	10 ⁴ 10	10 ⁵ 10 ²	10 ⁶ 10 ³
悬 浮 固 体	泥 砂	50nm			黏 土		4μm	粉砂
	虫 类						60μm	细砂
	原生动物						血吸虫尾蚴长约 300μm 宽约 50 ~ 100μm	
	藻 类				2μ		痢疾变形虫包囊约 4 ~ 5μm	
体	细 菌				0.2μm		80μm	
	病 毒	10nm			小儿麻疹病毒 25nm			
	腐殖酸	3nm			传染性肝炎病毒 20 ~ 45nm			
	蛋白质	1nm			大肠杆菌 0.5×1.0 ~ 3.0μm			
溶解固体	无机离子	0.8nm			伤寒杆菌 0.6 ~ 0.7×2.0 ~ 3.0μm			
	真溶液	1nm			痢疾杆菌 0.4 ~ 0.6×1.0 ~ 3.0μm			
分散体系	真溶液	1nm			霍乱弧菌 0.3 ~ 0.6×1.0 ~ 5.0μm			
	运动特点	1nm			出现布朗运动现象		悬 浮 体	
观测工具	观测工具	1nm			出现重力沉淀现象		70μm	
		1nm			肉眼可见		100μm	

图 0-1 天然水所含的成分

混凝机理都有所不同，在实际的水处理过程中，往往是几种混凝作用并存，因而在生产中无法根据确切的混凝机理来计算投药量。其次，混凝效果受水的温度、pH 值、碱度、水中杂质颗粒的性质、混凝剂自身的类型及其混凝效能和水力条件等诸多因素的影响，投药量应该根据这些因素对混凝效果产生的综合影响和变化情况来确定和调节。再者，混凝过程是非线性、大滞后的控制过程，而原水水质、水量的变化有时候是非常迅速的，这给投药量的及时调节带来了很大的困难。总的来说，无论是准确地确定混凝剂投加量还是及时地调节和控制投药量都是比较困难的过程，这也一直是水处理行业的一个技术难题。

随着人们对水中颗粒检测和混凝控制的认识和研究不断深入，已经发展出二三十种相关的新技术和新方法，总体可归纳为试验模拟法、胶体电荷法、颗粒特征参数法、数学模型法等几类。这些技术各有特点，可以从不同方面和角度反映出水的混凝过程的变化和影响特性。

混凝杯罐试验

试验模拟法是通过一定的试验手段或者试验装置来近似地模拟水处理工艺的生产过程，对试验结果进行分析后得出混凝剂投加量和原水水质之间的关系。实际使用的有烧杯搅拌试验法、斜管沉淀模型法、模拟试验过滤器法等。

简介 由于影响混凝过程的因素极其复杂，混凝过程的实际效果只能靠实验获取。实验的基本设备包括所需搅拌作用的搅拌器和盛水样的烧杯或玻璃罐，因此称为混凝杯罐试验（coagulation-flocculation jar test）或简称杯罐试验（jar test）。20 世纪 40 年代人们已经认识到杯罐试验能够模拟生产工艺中的混凝过程，并注意到对试验操作的要求。1964 年起美国材料实验学会（ASTM）把杯罐试验列为暂行的标准试验，从 1983 年的 ASTM 标准年鉴开始，混凝杯罐试验已经被正式列为一个标准试验，并规定水样容积为 1000mL，搅拌器所产生的速度梯度 G 值为 $10 \sim 100s^{-1}$ 。

杯罐试验在设备和操作很简单的条件下，能够反映出混凝过程中许多因素间错综复杂的关系，所以一直是用来研究或控制混凝过程的最主要的方法之一。

杯罐试验需要知道搅拌水样所消耗的功率与搅拌桨转速之间的关系，这种关系最好由制造厂通过实测标定。由这个功率数据可计算出相应的速度梯度，才能满足现代的混凝实验要求。在无实测数据的情况下，可用下列公式计算搅拌功率，搅拌桨在水样容器内的位置见图 0-2。

$$W = 14.35 d^{4.38} n^{2.69} \rho^{0.69} \mu^{0.31} \quad (0-1)$$

式中 W ——搅拌功率，W；

d ——桨板直径, m;

n ——转速, r/s;

ρ ——水的密度, 1000kg/m^3 ;

μ ——水的动力黏度, $\text{N} \cdot \text{s/m}^2$ 。

式(0-1)只适用于搅拌的雷诺数在 $10^2 \sim 5 \times 10^4$ 范围内的情况, 雷诺数用下列公式计算:

$$Re = \frac{d^2 \pi \rho}{\mu} \quad (0-2)$$

式中符号同前。

当桨板与水样体积间的关系与图 0-2 不符时, 则由式(0-1)所计算得到的功率 W 应乘以校正系数 f , 由下列公式计算:

$$f = \left(\frac{D}{3d}\right)^{1.1} \left(\frac{H}{D}\right)^{0.6} \left(\frac{4h}{d}\right)^{0.8} \quad (0-3)$$

式中 D ——水样容器的直径;

H ——水样容器的水深;

h ——桨板高度;

d ——桨板直径。

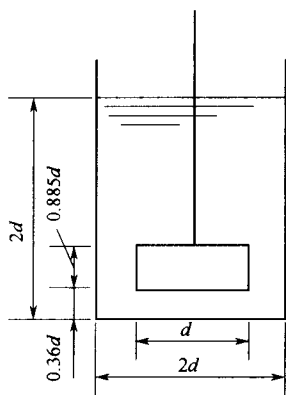


图 0-2 搅拌桨板的几何条件

式(0-3)适用于 $D/d=2.5 \sim 4.0$, $H/D=0.6 \sim 1.56$, $h/d=1/5 \sim 1/3$ 的情况。

混凝杯罐试验的操作 关于杯罐试验的各种参数以及实验过程, 国内外已经有许多文献对其进行了介绍。一般杯罐试验可以采用以下的操作步骤。

(1) 按烧杯的数目量取等容量(1000mL)的水样装入每个烧杯中。把桨叶放入水中, 但桨叶的轴应偏离烧杯中心, 而桨叶与烧杯壁间又应有约 6mm 的间隙。

(2) 按烧杯数目选用一个系列的药剂投加量, 每个剂量先装入小试管内, 再稀释成 10mL 或其他相等容量, 将小试管装在投药架上以便同时向烧杯中加入药。

(3) 开动搅拌器, 以 120r/min 的转速进行快速搅拌。按药剂的剂量和投加顺序同时向每个烧杯内加药, 搅拌约 1min。

(4) 降低转速进行慢速搅拌。转速保持烧杯内颗粒均匀悬浮起来为度, 时间一般为 20~40min。记录每个烧杯内出现絮凝体的时间。

(5) 把搅拌桨从水中提取出来, 观察絮凝体的沉降过程。

(6) 经 15min 沉淀时间后, 在烧杯内水深二分之一处取水样, 测定浊度、色度、碱度和 pH 值等水质数据。

(7) 若所有经沉淀后的水质均未能满足预期的处理指标时, 则选用另一个

系列的药剂投加量，重复上述步骤，直到获得预定指标为止。

混凝杯罐试验的应用和改进 杯罐试验的应用可以分为以下 3 类：

- (1) 为水厂的日常混凝、沉淀过程运行或工艺的改进提供数据；
- (2) 为新水厂的混凝、沉淀过程提供设计数据和参考；
- (3) 进行混凝、沉淀过程的研究。

杯罐试验经过几十年的发展，已经在许多地方有了改进，但主要改进出现在设备上。设备应在下列的 3 个方面进行改进。

(1) 提高快速搅拌阶段的搅拌功率，使之能满足研究搅拌强度对混凝过程的影响。Amirtharajah 认为：快速搅拌所产生的 G 值应能达到 1000s^{-1} ，甚至更高。但目前常用的搅拌器，只能满足絮凝阶段的要求，还不能满足凝聚阶段的要求。目前，可能用于生产中快速搅拌所产生的 G 值也不高，因此，杯罐试验与生产过程的对比，也就看不出凝聚阶段的差别。搅拌功率涉及水样大小、容器构型、搅拌桨形式及转速等因素。在提高搅拌功率的同时，还要防止在容器中心出现很深的旋涡，以致无法计算出合理的 G 值。

(2) 盛水样的杯罐容积要加大，杯罐应设有便于取水样做沉淀实验的取样口或装置。

(3) 同步加药的装置。ASTM 的方法，是在自制木架上按烧杯的间距装上 6 个小试管，试管中装混凝剂溶液，这样，通过木架就可以同时向烧杯中倾倒混凝剂溶液。这样的加药方法是比较粗糙的，可能存在两方面的问题：第一，药溶液进入每个杯中水样的部位可能不一样，如果加药存在一个最佳部位，这就值得进行了研究；第二，当需要加几种药剂时，为了准确地控制两种药剂进入水样中的时间间隔，更需要精制的装置。

杯罐试验的适用性和局限性 以杯罐试验来确定混凝剂的投加量还存在不连续性和滞后性的问题。传统的杯罐试验是用混凝搅拌器在实验室中完成的，不可能太频繁地进行，一般是一天或一班进行一次，实验结果只能代表瞬间的取样水质，不能代表一天或一班的水质情况；另外，一次实验所需的时间为几十分钟，等到实验结果出来时原水的水质已经发生了变化了。这些不利的因素都给杯罐试验的实际生产应用带来了许多困难。但杯罐试验操作简单，不需要过多的实验设备，常常可以作为确定混凝剂投加量的辅助手段，与经验法、目测法配合使用。在评价混凝剂性能、混凝剂品种的筛选、混凝条件的选择、确定混凝效果等方面，杯罐试验仍然是一种很有效的手段。

斜管沉淀模型法

在絮凝池末端放一组斜管装置，用斜管的沉淀情况来模拟沉淀池。根据斜管出水浊度与浊度目标值对比，自动调整混凝剂加注率。

因为测定的是实际生产絮凝池工艺中的出水，故水质模拟关系很好，具有一定上升流速的斜管可以模拟一定停留时间的生产平流沉淀池。为简化装置，通常使通过斜管的流量恒定，这样生产絮凝池水量发生变化时，二者的出水浊度会产生一定差异。可以根据一定时间的数据统计寻找规律，得到不同水量时二者的出水浊度差值变化情况。

该方法只要几分钟的时间即可预测沉淀池出水浊度，滞后时间为絮凝池停留时间加上斜管停留时间。对平流沉淀池而言滞后时间减少较多，对斜管沉淀池也能有所缩短。系统主要设备为连续测定的浊度仪和斜管装置，设备和投资相对较少，维护管理相对方便。如水质变化缓慢，则能适应这样的滞后时间，模型和实际生产池相关性很好时，采用该方式是相当经济的。

沉淀速度法

混凝过程的一个明显的现象是生成的絮凝体比初始的颗粒直径大、沉降快。对低浓度悬浮液，絮凝体多为自由沉淀形式，而对高浓度悬浮液，可形成“成层沉淀”现象，沉降的悬浮液和上清液有明显的边界，可简单地测定此界面的沉降速度，并可作为评价混凝效果的标准。Eisenlauer 等人使用了一种激光沉淀计，其可自动测定浑液面界面的沉降速度、上清液浊度和沉降的絮凝体体积。

沉降的絮凝体体积法

絮凝体中包含一些水分，其有效体积要大于单个颗粒体积的总和。测定沉淀后絮凝体的体积，能得到混凝程度的信息；该方法仅适用于相当浓的悬浮液，使得其产生可测定的沉淀物体积，并能得到絮凝体性质的定量信息。

模拟滤池法

模拟滤池法又名过滤法，是一种确定混凝剂最佳投加剂量的方法，多用于给水处理中。如果水的浊度较低，浊度的去除主要不是通过凝聚沉淀过程，而主要是通过过滤过程，则可使用此法。在混凝剂投加到水样中并经快速搅拌后立即使水样通过模拟滤池过滤，如果滤后水能符合水质要求，则投加的混凝剂的最小剂量即为最佳剂量。

过滤法的主要优点有两个。一是能连续测定，水样可不断流过模拟滤池，经浊度仪测定可立即判断混凝剂量是否最佳；另一个是测定时间较短，一般可在原水进厂后 10~15min 内完成。这两方面优点为其在给水处理厂混凝剂投加的自动控制系统中的应用打下了基础。

图 0-3 是模拟滤池系统的示意图。其核心装置是模拟滤池。一般该池外形为一圆筒，内径一般为 100mm，内装具有较大截污量又不造成水头损失过大的滤料。