中国工程建设标准化协会标准

混凝沉淀烧杯试验方法

Standard for coagulation-tlocculation and sedimentation beaker test method

CECS 130:2001

主编单位：山东建筑工程学院
批准单位：中国工程建设标准化协会标准
施行日期：**2002** 年 **1** 月 **1** 日

2001 北京

前　　言

根据中国工程建设标准化协会(97)建标协字第 16 号文《关于下达 1997 年第二批推荐性标准编制计划的函》的要求，制订本规程。

对混凝沉淀过程的研究和控制有混凝沉淀烧杯试验法、电泳和流动电流检测法、胶体滴定法、颗粒分析法、电镜法和 X 衍射法等。其中混凝沉淀烧杯试验法应用最普遍，它是一种模拟混合、

絮凝和沉淀 3 个工艺的实验手段。

本标准是在总结国内外大量混凝沉淀烧杯试验研究成果和生产实践经验的基础上，参照国内外有关技术文献，并广泛征求全国有关科研、生产和管理单位的意见后制定的。现批准协会标准《混凝沉淀烧杯试验方法》，编号为 CECS130：2001，推荐给排水工程建设设计、施工、使用单位采用。本规程由中国工程建设标准化协会城市给水排水委员会归口管理，由山东建筑工程学院(济南市和平路 47 号，邮编：250014)负责解释。在使用中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和资料直寄解释单位。

主编单位：山东建筑工程学院
参编单位：上海市政工程设计研究院
湖北省潜江市梅宇仪器有限公司
主要起草人：武道吉 朱广汉 宋诗发

中国工程建设标准化协会
2001 年 11 月 20 日

目次

1 总则……(1)
2 术语……(2)
3 技术要求……(3)
3.1 一般规定……(3)
3.2 常用水处理药剂……(4)
3.3 速度梯度计算……(4)
4 试验方法……(6)
4.1 操作步骤……(6)
4.2 模拟试验……(8)
本标准用词说明……(10)
附：条文说明……(15)

1 总则

1.0.1 为促进混凝沉淀烧杯试验技术的发展，指导净水厂的工程建设及生产管理。制定本标准。

1.0.2 本标准适用于评价水中溶解、胶体和悬浮物质的混凝沉淀处理过程。主要用途有下列 5 个方面：

1 比较各种混凝剂的混凝效果；

2 确定最佳的混凝剂投加量；.

3 优化混合条件；

4 优化絮凝条件；

5 探求混合、絮凝、沉淀的合理组合。

1.0.3 混凝沉淀烧杯试验除执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

1.0.4 在试验过程中，如出现药剂或水样影响人体健康和操作环境的情况，必须采取相应的安全防护措施。

2 术语

2.0.1 混凝沉淀烧杯试验 coagulation-flocculation and seri-mentation beaker

一种应用搅拌杯系列研究或控制混凝沉淀过程的方法。又称混凝试验、混凝烧杯试验、烧杯搅拌试验。

2.0.2 模拟试验 simulation test

探求混凝沉淀烧杯试验与净水厂中混合、絮凝和沉淀生产工艺运行相似性的试验过程。

2.0.3 搅拌器 stirrer

一种能按要求改变转速和时间的搅拌装置。一般采用多联搅拌器，又称多位搅拌器或成组搅拌器，是混凝沉淀烧杯试验的主要设备。

2.0.4 搅拌杯 beaker

混凝沉淀烧杯试验中用于盛水样的容器。

2.0.5 速度梯度 velocity gradient

两相邻液体层间的速度微分量与距离微分量的比值。可间接反映絮凝过程中颗粒的接触碰撞速率和絮体的成长尺度及其密度。

3　技术要求

3.1　一般规定

3.1.1 混凝沉淀烧杯试验用的试验设备和仪器，主要由搅拌器、搅拌杯、计时器、温度计和浊度仪等组成。

3.1.2 搅拌器的选用应符合下列要求；

1　选用可同时搅拌几个搅拌杯的多联搅拌器；

2 底部应有观察絮体的照明装置，且照明装置不应引起水样温度升高；

3 应有加注药剂的小试管和放置试管的支架，且能同时对搅拌杯投加药剂；

4 搅拌生产的速度梯度 G 值应在 1000~20s 范围内可调；

5 搅拌桨宜采用无级调速，否则其转速不应少于 5 档。转速应能控制，有显示，其精度士 2%。当一个 或几个桨叶停止或启动搅拌时，不应影响其他桨叶的转速；

6　搅拌时间应能控制，精度士 1%，有显示；

7　宜采用单平直式叶桨；

8　所有桨叶的材质应相应相同且均匀，形状和尺寸上应相同，精度士 1mm，径向摆动应不大于 2mm，应具有化学稳定性、耐腐蚀性，对试验不产生影响；

9　各桨叶轴中心线应铅垂，允许偏差士 2mm；

10　桨叶在各个搅拌杯中的几何位置应相同(桨叶上缘距水面、边缘距杯壁、下缘距杯底的距离相同)，允许偏差士 2mm；

11 搅拌过程中桨叶应全部淹入水体中；

12 桨叶应能自由放下和提升；

13 搅拌时整套装置应保持平稳，严禁桨叶在转动时扭弯。

3.1.3 搅拌杯的选用应符合下列要求：

1　应具有相同的材质、尺寸和形状，并且有化学稳定性、耐腐蚀性，对试验不产生影响；

2 材料应采用透明塑料或有机玻璃，形状宜为方形，宽深比

(有效宽度与有效水深之比)宜为 1：1~1：1.2，有效容积应不小 1000mL；

3 有固定的取样口，取样口可设于距水面下 1/2 水深处；

4 搅拌杯上的体积刻度误差不大于 2%。

3.1.4 搅拌器和搅拌杯应为配套产品，搅拌功率应由生产商标明。

3.1.5 温度计允许偏差应不大于士 1C。

3.1.6 浊度仪应分辨率高，需要的水样少。

3.1.7 水质检验方法应符合现行国家标准《生活饮用水标准检验法》GB/T5750、现行行业标准《城市污水水质检验方法标准》CJ/T51~79、《生活杂用水标准检验法》CJ49 等的规定。

3.2 常用水处理药剂

3.2.1 在本标准中，除特别注明者外，药剂均为化学纯质量。凡未注明溶剂名称者，均指水溶液。配制或稀释药液，均使用普通蒸馏水。

3.2.2 溶液浓度以质量/体积百分比表示。

3.2.3 所有溶液放置时间不宜超过 8h。

3.2.4 混凝沉淀处理工艺中，常用的水处理剂主要有：絮凝剂、助凝剂、氧化剂、增重剂、吸附剂、碱、酸。

3.3 速度梯度计算

3.3.1 水样的速度梯度可按下列分式确定：

$$P = \frac{1}{32} C_D \rho \omega^3 b d^4 \qquad (3.3.1\text{-}1)$$

$$\omega = 2\pi n \qquad (3.3.1\text{-}2)$$

$$G = \sqrt{\frac{p}{Vu}} \qquad (3.3.1\text{-}3)$$

式中 P 一搅拌功率，即桨叶在搅拌杯中转动时消耗的功率，W；

ω 一 桨叶旋转角速度，S^{-1}；

G 一 速度梯度，S^{-1}；

d 一 桨叶直径，m；
b 一 桨叶高度，m；
ρ 一 水样的密度， kg/m^3；
n 一 桨叶旋转速度，r/s；
μ 一 水的动力粘滞系数，pa.s；
G_D 一 阻力系数，根据具体设备确定；
V 一 水样体积，m^3 。

4 试验方法

4.1 操作步骤

4.1.1 将试验水样倒入搅拌杯至刻度线，根据需要测定水温、pH 值、浊度、色度和碱度等水质参数。 4.1.2 将搅拌杯放置于搅拌器的设定位置，再把桨叶放入搅拌杯中，对准桨叶与搅拌杯的中心。

4.1.3 根据试验水样水质设定药剂投加量，先用刻度吸管加到药试管中，再加适量稀释水使各加药管中的体积相等，并摇匀。

4.1.4 设定下列试验操作参数；

1 设定混合搅拌转速和时间；
2 设定絮凝搅拌转速和时间；
3 设定沉淀时间。

用于指导生产的混凝沉淀烧杯试验的操作参数，应按本章 4.2 的规定通过模拟试验确定。

4.1.5 启动搅拌器按钮，当搅拌达到设定混合转速时，按药剂的投加量和投加顺序同时向每个搅拌配药，并同步开始记录搅拌时间，观察混凝状况。

4.1.6 混凝搅拌完成后，立即从搅拌杯中提出桨叶，同步记录沉淀时间，观察沉淀状况。

4.1.7 沉淀完成后，先从搅拌杯的取样口排掉少许水样，再取水样测定浊度和 PH 值等水质参数。试验结果的记录可采用表 4.1.7。

表 **4.1.7** 混凝沉淀烧杯试验纪录

<table>
<tr><td colspan="8">水样_____ pH _____ 浊度_____ 日期_____
地点_____ 色度_____ 水温_____ 体积_____</td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">项　　目</td><td colspan="6">搅 拌 杯 号</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr>
<tr><td rowspan="3">加药顺序
及投加量
(mg/L)</td><td colspan="2">1.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">2.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">3.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">混 合</td><td rowspan="2">1 档</td><td>转速</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>时间</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">2 档</td><td>转速</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>时间</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="6">絮 凝</td><td rowspan="2">1 档</td><td>转速</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>时间</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">2 档</td><td>转速</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>时间</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">3 档</td><td>转速</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>时间</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">絮凝出现时间</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="7">沉 淀</td><td colspan="2">时间</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">沉淀速度</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="4">水质
检验</td><td>浊度(NTU)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>色度(度)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>碱度(mg/L)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>pH</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">混凝沉淀效果</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>

4.1.8 若经混凝沉淀烧杯试验后水质指标未能满足预期的处理结果，则选用另一系列的试验参数，重复 4.1.1 至 4.1.7 条的步骤，直至获得预定结果为止。

4.2 模拟试验

4.2.1 应按下列步骤确定混合搅拌转速和时间：

1 测定净水厂混合过程中的速度梯度，计算混合搅拌转速。

2 在净水厂混合装置末端取混合后的水样，立即置于搅拌器的设定位置。设定絮凝速度梯度为 100~20 中的某一值，搅拌 5~10min 中的某一时间，静止沉淀 5min 后测定浊度。

3 把装好原水水样的一组搅拌杯置于搅拌器的设定位置。按本条第 1 款设定混合搅拌转速，同时各杯设定不同的混合搅拌时间；按本条第 2 款设定絮凝搅拌转速和时间。

4 启动搅拌器，加入与生产使用相同品种和投加量的药剂，搅拌至设定时间，各杯静止沉淀 5min 后取样测定浊度。

5 重复本条第 3~4 款，直到某一搅拌杯水样的浊度与本条第 2 款相同或相近，则该搅拌杯的混合搅拌转速和时间即为模拟混合操作参数。

4.2.2 根据净水厂絮凝池构造形式将絮凝搅拌转速和时间划分为若干档，应分别按下列步骤进行模拟试验：

1 第一档絮凝搅拌转速和时间。

1)测定净水厂絮凝池第一档的速度梯度，计算第一档絮凝搅拌转速。

2)在絮凝池第一档末端取水样，立即置于搅拌器的设定位置，用比第一档转速小的转速搅拌 5min。静止沉淀 5min 后取样测定浊度。

3)把装好原水水样的一组搅拌杯置于搅拌器的设定位置。按第 4.2.1 条设定混合搅拌转速和时间；按本条款第 1)项设定第一挡絮凝搅拌转速，同时各杯设定不同的搅拌时间，再按本款 2)项设定下一档絮凝搅拌转速和时间。

4)启动搅拌器，加入与生产使用相同品种和加量的药剂，搅拌至设定时间。各杯静止沉淀 5 后测定浊度。

5)重复本款第 3)~4)项，直到某一搅拌杯水样的浊度与本款第 2)项相同或相近，从而确定第一档模拟絮凝搅拌转速和时间.

2 参照本条第 1 款的试验方法，依次确定第二、第三等档的模拟絮凝搅拌转速和时间。

4.2.3 应按下列步骤确定沉淀时间：

1 测定沉淀池出水浊度。

2 把装好原水水样的一组搅拌杯置于搅拌器的设定位置，依据第 4.2.1 条设定混合搅拌转速和时间；依据第 4.2.2 条设定各挡絮凝搅拌转速和时间。

3 启动搅拌器，加入与生产使用相同品种和投加量的药剂，搅拌至设定时间，分别测定不同静止沉淀时间后的浊度。

4 重复本条第 2~3 款，直到某一搅拌杯水样的浊度与沉淀池出水浊度相同或相近，从而确定模拟沉淀时间。

本标准用词说明

一、为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

二、条文中指定按其他有关标准执行时，写法为“应按……执行”或“应符合……要求(或规定)”。

中国工程建设标准化协会标准

混凝沉淀烧杯试验方法

CECS　130 ：2001

条文说明

目　　次

1 总则……(15)
2 术语……(17)
3 技术要求……(18)
3.1 一般规定……(18)
3.2 常用水处理药剂……(21)
3.3 速度递度计算……(22)
4 试验方法……(23)
4.1 操作步骤……(23)
4.2 模拟试验……(23)

1 总则

1.0.1 混凝沉淀烧杯试验能够在设备和操作都很简单的条件下，反映出混凝沉淀过程中很多因素间的错综复杂关系，所以一直是研究或控制混凝沉淀过程的最主要方法。但调查表明，我国大多数净水厂虽在生产管理中都采用混凝沉淀烧杯试验方法指导混凝剂的投加和处理沉的判断，但由于试验方法不规范，其试验结果往往与实际相差甚远，不能起到控制生财的作用，故有必要制定本标准。

1.0.2 本标准的应用范围：

1 净水厂在不同典型水质条件下宜用不同品格的混凝剂。市场上可供选用的混凝剂品种繁多，合理选用混凝剂是净水厂保证水质、降低成本的重要工作之一。首先用混凝沉淀烧杯试验求得各种混凝剂最佳的投加量，然后把筛选后的二种或三种混凝剂进行试验对比，从而选出最佳的品种。判断混凝剂效果首先看水质处理效果，主要是浊度去除率，而作为全面衡量还应包括色度、COD 和 TOC 去除率、PH 和碱度变
率等；其次是经济性；再次是药剂的运输、储存、使用方便性，沉淀后污泥体积以及对环境的影响。

2 最佳混凝剂投加量有两种涵义：一种是指水质达到最优时的混凝剂投加量；另一种是达到既定水质目标要求时的最小混凝剂投加量。

3 在混凝剂投加量、絮凝搅拌条件和沉淀条件相同的情况下，寻求最佳的混合搅拌强度和时间组合。

4 在混凝剂投加量、混合搅拌条件和沉淀条件相同的情况下，寻求最佳的絮凝搅拌强度和时间组合。

5 在一般净水厂中为保证滤后水的浊度合格，对沉淀水的浊度都有一定要求。混合时间短，投资就少，无疑要按最佳要求设置。絮凝、沉淀和混凝剂投加量三者之间有着相互补充和相互制约的关系。如某一条件差些，在一定范围内可由其他条件补充。因此，在满足一定出水浊度要求的前提下，三者有多种组合可满足出水浊度要求，可用混凝沉淀烧杯试验探求三者之间的最佳组合。

1.0.3 指出了在进行混凝沉淀烧杯试验时，需同时执行我国有关标准的规定。

1.0.4 水处理用氧化剂一般有强烈的刺激性和很强的毒性，有些混凝剂在溶解过程中会产生异臭且溶液为强酸性，污水中往往含有一些有毒有害物质。这些都会影响人体健康和操作环境，故应根据不同的试验情况采取相应的安全防护措施。

2 术语

2.0.1 混凝沉淀试验的名称很多，但其应用目的基本相同。
2.0.2 规定模拟试验的含义。
2.0.3 规定本标准试验所用搅拌器的含义。
2.0.4 规定本标准试验所用搅拌杯的含义。
2.0.5 规定在混凝过程中速度梯度的含义。

3 技术要求

3.1 一般规定

3.1.1 阐明混凝沉淀烧杯试验中所需的主要设备和仪器。

3.1.2 搅拌轴的主要技术要求：

1 为使试验具有重复性、重现性和可能性，搅拌器应能同时对多个搅拌杯进行试验，现有的搅拌器多为 6 联。

2 底部设置照明装置，可便于定性观察絮体的形成和沉降状况。同时应采取隔热措施。防止照明系统传热给水样，使水温升高而影响混凝沉淀结果的准确性。

3 一个搅拌杯须对应一个加药管，以便同步投加药剂。

4 混凝沉淀效果取决于絮体尺度及其密度，所谓混凝效果相似是指形成的絮体尺度和密度相同。絮体在形成过程中，一方面受到颗粒间相互聚集的粘结作用，另一方面也受到流体紊动对絮体的破碎作用，限制了絮体继续增大。在一定的水流条件下，若输入水体的能耗不变，经过一定的絮凝时间就会达到絮体聚结与破碎的动态平衡，絮体粒径将保持不变。根据各国的大量研究，都得出了相同的结论：在相同的原水和凝聚条件下，达到絮凝平衡时，絮体粒径主要取决于速度梯度 G。根据这一原理，阿格曼等人提出了絮体平衡粒径 d 与速度梯度 G 的关系：

$$d = \frac{C}{G}$$

式中，C 为与原水絮凝性质有关的系数。

丹保宪仁利用沉降管和摄影的方法，对絮体粒径、有效密度和沉速进行了测定，并建立了絮体的密度公式为；

$$\rho_e = \rho_s \quad \rho - \rho \quad = \frac{a}{d\kappa}。$$

式中，ρ_e 为絮体的有效密度，g/cm^3；Ps 为絮体密度，g/cm^3；ρ 为水的密度，g/cm^3；a 为常数，随混凝剂品种和加注量而定，g/cm^3；Kp 为指数常数，随混凝剂品种和加注量而定。

由此可以看出，絮体尺度及其密度取决于混凝过程中的速度梯度 G。因此，要使混凝效果相似，速度梯度 G 须对应相等。在实际工程中，混合阶段 G = 1000~500s，絮凝阶段 G=100~20s^{-1}，为使试验能够模拟实际生产，搅拌器产生的速度梯度 G 应在 1000~20s^{-1} 范围内可调。

5　为保证搅拌转速准确，混合、絮凝和沉淀连续进行，桨叶最好采用无级调速方式并规定了精度。当不能采用无级调速时，为使试验能模拟实际的混合、絮凝过程，搅拌器转速至少应设 5 挡，因实际生产工艺中混合强度多采用一挡，絮凝强度一般采用 4 挡。

6　由于混合、絮凝和沉淀是连续进行，因此各工艺过程运行时间需提前设定，同时为保证准确记录运行时间，规定了时间控制的精度。

7　桨式搅拌器结构简单，加工制造容易，有关参数的选用可参见下表。

桨叶参数选用

项　　目	符号	单位	设计参数
桨叶直径	d	m	(0.35 ~ 0.8) D
桨叶距搅拌杯底高度		m	(0.5 ~ 0.75) D
桨叶高度	b	m	(0.1 ~ 0.85) d
桨叶层数	e		1
注：D 为搅拌杯的宽度			

8 为使各试验水样在相同操作条件下呈现较好的重现性，故作此规定。另外，桨叶材质具有足够的化学稳定性，以防止与水样发生化学反应而影响试验结果。

9 在相同搅拌条件下，为使各搅拌杯的搅拌功率相同而作的规定。

10 根据相似理论，确保各试验结果相似的首要条件是几何相似，因此需对各桨叶在搅拌杯中的几何位置进行规定。

11 搅拌器转速较高时容易产生漩涡。当漩涡达到桨叶的位置时，会带入大量空气，影响搅拌效果。

12 为便于定性观察沉淀状况，絮凝搅拌完成后桨叶应立即从

杯中提出。

3.1.3 搅拌杯的主要技术要求：

1 为使各搅拌杯在相同操作条件下试验结果相似而作的规定。另外，搅拌杯材质应具有足够的化学稳定性，以防止与水样发生化学反应，影响混凝沉淀烧杯试验结果。

2 为便于观察混凝沉淀烧杯试验的状况，搅拌杯宜采用较好的透明材质，且有较好的隔热性能。搅拌杯应能较好地阻止水体随桨叶旋转，根据国外实践经验推荐使用方形杯。为保证混凝搅拌过程中搅拌杯内的水流为紊流，搅拌杯的有效体积应不小于1000mL。

3 为防止取样时扰动水样，影响水质检验结果，应设固定的取样口。根据实践经验，建议设在水面下 1/2 水深处。

3.1.4 搅拌功率除与水质因素有关外，主要与桨叶形式、尺寸、转速，搅拌杯形状、尺寸及桨叶在搅拌杯中的位置等因素有关。因此，搅拌器和搅拌杯应配套生产，搅拌功率应通过实测后标定。

3.1.5 规定温度计的计量精度。

3.1.6 浊度仪分辨率要高，以便区别各搅拌杯的浊度差别；需要的水样较少，以便进行几种沉速试验。

3.2 常用水处理药剂

3.2.1 水处理药剂一般配制为水溶液后投加。

3.2.2 规定药剂浓度的表示方法。

3.2.3 药剂溶液不应放置时间太长，否则会影响处理效果。

3.2.4 指出混凝沉淀中常用的水处理剂。

1 常用的絮凝剂有：

1)聚氯化铝(碱式氯化铝、羟基氯化铝)[Al2(OH)nCl6-n]m；

2)精制硫酸铝 $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$；

3)铝酸钠 $NaAlO_2$；

4)聚硫酸铁$[Fe_2(OH)_n(SO_4)_{3-n/2}]_m$；

5)硫酸铁 $Fe_2(SO_4)_3$；

6)三氯化铁 $FeCl_3.6H_2O$；

7)壳聚糖$[C_6H_{11}NO_4]_n$；

8)单宁 $C_{76}H_{52}O_{46}$。

2 常用的助凝剂有：

1)活化硅酸(活化水玻璃、泡花碱)$Na_2O.\ xSiO_2.\ yH_2O$；

2)海藻酸钠$(NaC_6H_7O_6)_x$；

3)阴或阳离子聚合电解质；

4)非离子型聚合物。

3 常用的氧化剂有：

1)氯 CI_2；

2)二氧化氯 CIO_2；

3)次氯酸钠 NaOCI；

4)臭氧 O_3；

5)高锰酸钾 $KMnO_4$。

4 常用的增重剂有：

1)膨润土；

2)高岭土；

3)其他粘土和矿物。

5 常用的附剂有：

粉末活性炭。

6 常用的碱有：

1)氢氧化钠 NaOH；

2)碳酸钠 Na_2CO_3；

3)碳酸钙 $CaCO_3$；

4)熟石灰 CaO。

7 常用的酸有：

1)盐酸 HCI；

2)硫酸 H_2SO_4。

3.3 速度梯度计算

3.3.1 提出了计算搅拌功率的公式，其中阻力系数 CD 应根据具体的搅拌系统确定，在无测定值时，建议 CD 取 0.3~0.5。计算速度梯度时，应考虑温度对水的粘滞系数的影响。对于一般低浑浊度水，若无实测资料，可直接采用 3.3.1 中清水动力粘滞系数 u。

表 3.3.1 清水的动力粘滞系数μ。

表 3.3.1 清水的动力粘滞系数 μ

温度 (℃)	μ (10^{-4}pa.s)	温度 (℃)	μ (10^{-4}pa.s)	温度 (℃)	μ (10^{-4}pa.s)
0	17.90	35	7.22	70	4.06
5	15.13	40	6.53	75	3.80
10	13.04	45	5.99	80	3.55
15	11.42	50	5.49	85	3.33
20	10.00	55	5.08	90	3.15
25	8.89	60	4.70	95	2.97
30	8.01	65	4.36	100	2.82

4 试验方法

4.1 操作步骤

4.1.1 按试验目的和要求确定水样个数，检验原水水质。

4.1.2 方形搅拌杯具有较好的阻流条件，桨叶的轴心和搅拌杯中心可对准。

4.1.3 投药前，用蒸馏水把加药试管内的药剂稀释成等体积，通常为 10ml。若某种药剂的投加量大于 10ml，为减少体积变化对试验的影响，其他试管应补水，直至体积与最大的药剂体积相等。当有药剂悬浮液时，投加前须摇匀。

4.1.4 设定混合搅拌转速和时间，各挡絮凝搅拌转速和时间，静止沉淀时间。

按预定的混合和絮凝速度梯度 G 和时间 T，分别设定各段的转速和相应的搅拌时间。混合阶段的 G 值一般为 1000~500s，时间 10~30s；絮凝阶段 G 值一般为 100~20s，时间 5~20min。絮凝时 G 值应逐时递减。

4.1.5 启动搅拌按钮后，转速不会立刻达到设定值，稍等片刻当转速稳定后，迅速向搅拌杯内同步投加药剂，然后注意观察絮体的生成速度及大小。

4.1.6 静止沉淀，注意观察絮体与水的分离状况。

4.1.7 为防止取样口内的存水影响水质检验结果，建议取样前先排掉少量水样。然后再取样检验。

4.2 模拟试验

用于确定指导生产运行的混凝沉淀烧杯试验的操作参数。试验中，混合搅拌转速和时间、絮凝搅拌转速和时间、沉淀时间不能任意选用，应通过模拟试验确定。

所谓混凝沉淀相似是指形成的絮体相似，即絮体具有同样的沉淀速度。根据斯笃克斯的颗粒自由沉淀公式，絮体的沉淀速度取决于絮体的尺度和密度。研究和实验证明，絮体的尺度和密度取决于混凝过程中的速度梯度，因此，混凝时的速度梯度相等是进行模拟生产运行的首要边界条件。

另外，试验中的水流流态须与实际混凝过程中的水流流态保持一致。水流可分为层流运动和紊流运动，两者有质的差别。当水流的雷诺数 Re 小于某一临界值(Re 的下限)时，则水流在层流状态。当水流的雷诺数 Re 大于另一临界值(Re 的上限)时，则水流在紊流状态。实际混凝过程中的水流状态均为紊流，因此，试验中的水流状态也必须是紊流。很多文献指出，对于具备良好阻流条件的搅拌装置，当搅拌雷诺数 Re=pnd2/u≥1000 时，就可按完全紊流处理。

4.2.1 确定混合搅拌的转速和时间：

1 依据生产中的混合速度梯度，确定模拟试验的混合搅拌转速。

2 测定净水厂混合效果。

3 进行不同混合搅拌时间条件的试验。

4 测定试验结果。

5 通过对比试验结果，确定混合搅拌时间。由此可得到不同流量条件下的混合试验条件，根据系列参数可以作出混合试验曲线，见下图。有了混合模拟曲线，混合搅拌转速和时间都可根据生产中的实际流量，从图中查得。

4.2.2 确定各挡絮凝搅拌转速和时间：

1 确定第一挡絮凝搅拌转速和时间。

1)确定絮凝池第一挡在不同流量时的速度梯度，计算第一挡絮凝搅拌转速。

混合试验模拟图

2)测定絮凝池第一挡的絮凝效果。
3)进行不同第一挡絮凝搅拌时间的试验。
4)测定试验结果。
5)对比试验结果，确定第一挡絮凝搅拌时间。

2 确定第二、第三等各挡的絮凝搅拌转速和时间。由此可得到不同流量条件下各挡的絮凝模拟试验条件，根据系列参数可以作出絮凝模拟试验曲线，见下图。有了絮凝模拟曲线，絮凝搅拌转速和时间都可根据生产中的实际流量，从图中查得。

4.2.3 确定沉淀试验时间：

对比试验结果，确定沉淀试验时间。由此可得到不同流量条件下的沉淀试验时间，根据系列参数可以作出沉淀模拟试验曲线，见下图。有了沉淀模拟曲线，沉淀试验时间可根据生产中的实际流量，从图中查得。