



透光率脉动检测技术在含油污水处理中的应用研究

孙连鹏 李星 张永吉 李圭白

(哈尔滨工业大学市政与环境工程学院, 黑龙江省, 哈尔滨市, 150090)

摘 要: 透光率脉动检测技术以其检测参数少、灵敏度高、不受粘污与电子漂移影响等特点, 已经在许多不同水质的混凝剂投加自动控制系统中得到了较广泛的应用, 并取得了一定的社会效益和经济效益。该项技术在含油污水处理的应用研究仍处于发展阶段, 试验研究表明, 透光率脉动混凝投药控制系统可以根据水量、水质等参数的变化自动调节投药量, 保证出水水质基本稳定, 有望在含油污水处理中得到进一步的应用。

关键词: 透光率脉动; 含油污水处理; 检测技术; 工业水处理; 混凝

前言

在油田开采过程中, 一般都有大量地下水随原油产出, 并且随着采油期的延长, 原油含水率越来越高, 而且为了提高出油量, 现多采用注水开采工艺, 这就更增加了含水率。在原油采出后都需经过脱水处理过程, 由此产生了大量的含油污水, 这些污水的处理已经成了工业水处理中的一个重要课题。

含油污水处理原则是回收污水中的原油, 使处理后的污水得到循环利用。由于油田含油污水的水质差异较大, 处理后污水的用途不同, 因此处理工艺差别较大, 但在含油污水的处理工艺中, 一般都有混凝除油过程。含油污水水质较差, 采用常规的检测与控制方法很难准确的控制混凝剂的投加量, 保证出水水质的较高可靠性。

透光率脉动检测技术是一种光学检测技术, 利用透过流过悬浮液的光强度的脉动状态反映水中絮凝体的尺寸, 真检测值 R 是混凝效果好坏的直接体现, 以检测值 R 为控制参数的透光率脉动混凝投药控制系统已经在民用水处理中得到了较广泛的应用, 并已经取得了较好的经济效益和社会效益。由于透光率脉动检测值 R 是一个比值, 真不受器壁沾污、电子漂移等的影响, 并且具有透过式的特性, 使真具备了许多仪器不可能比拟的优点, 将透光率脉动检测技术应用于含油污水处理中, 将有望解决混凝剂投加的自动控制问题。

1 透光率脉动检测技术应用于含油污水处理中的实验研究

为了确定透光率脉动检测技术在含油污水中的适用性, 选取生产中的含油污水水样进行试验研究, 试验装置如图 1 所示。采用混凝杯罐试验方法, 水样容积为 4000ml, 搅拌设备为可调节转速的搅拌器, 所用含油污水取自于试验现场, 可代表实际的情况。投加的药剂为 1%浓度的聚合铝 (PAC)。试验中采用以下的搅拌条件: 投药后以 200rpm 快搅混和 1 分钟, 然后以约 60rpm 慢搅 9 分钟, 从加药前至反应完毕的过程均用检测仪连续检测, 并纪录于记录仪上。

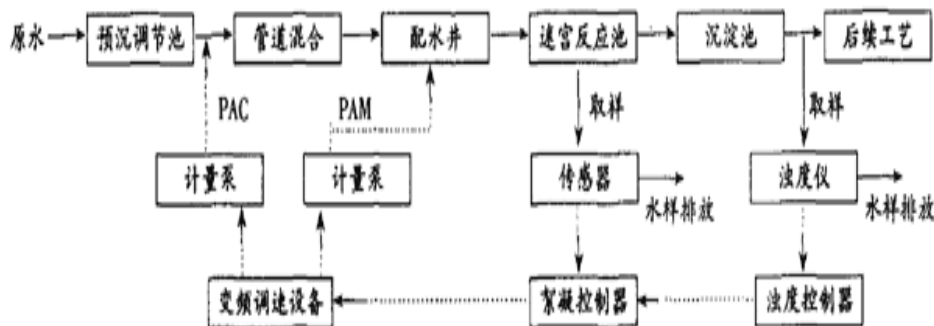


图1 控制系统

图2所示为絮凝过程的检测结果，在未投药时，水中的颗粒粒径较小，加药后随着搅拌的进行，药剂迅速地分散到水样中。在初期的快混搅拌阶段，絮凝体基本没有生成，而后随着搅拌速度的降低，絮凝体逐渐形成，并很快达到较大的尺寸，由于各方面因素的限制，絮凝体尺寸不会持续增加，只能达到一个较大值。透光率脉动检测值的变化情况准确地反映了这一混凝过程：在混凝初期，检测值较小，随着搅拌速度的降低，絮凝体逐渐形成，R值迅速增加，很快达到最大值，然后基本保持不变。可见，透光率脉动检测值R较好地反映了混凝过程中絮凝体的生长情况和混凝效果，以R值为控制参数来控制含油污水的混凝剂投加是可行的。

2 生产试验

2.1 工艺介绍

试验采用一次自然除油，二次混凝除油和石英砂过滤的处理工艺，系统设备示意图见图3所示。原水首先在一次沉淀池中进行自然除油，出水经提升泵进入旋流反应器中，在泵前投加混凝剂，混凝剂由提升泵进行快速混台，在旋流反应器中进行反应，然后进入二次沉淀池。系统在旋流反应器与二次沉淀池之间的管路上取样，取样水流量为1L/min，传感器将检测信号送至测控仪，在测控仪中对检测信号进行处理，得到透光率脉动检测值凡测控仪将检测值与预先给定的混凝设定值进行比较，通过PID调节来改变控制输出信号，变频器根据该控制信号调节计量泵的频率，从而改变混凝剂的投加量。由于原水流量、浊度等参数的改变会对系统的混凝设定值造成一定的影响，引起沉后水浊度偏离所要达到的目标浊度值。为了使出水浊度不偏离目标值，在二次沉淀池出水处安装清水浊度仪，该浊度仪可以在线检测二次沉淀池的出水浊度，并将检测信号输送至测控仪，测控仪可以根据该浊度值与目标浊度值对比自动调节系统的混凝设定值，从而保证二次沉淀池出水浊度稳定在所需的目标浊度（浊度设定值）附近。系统的具体配置如下：

- (1) 北京精密单因子科技有限公司出品的FP—30S型透光率脉动传感器。
- (2) 美国HACH公司生产的1720C型在线清水浊度仪，量程范围为0—100NTU。
- (3) 北京精密单因子科技有限公司制造的FP—4000型测控仪，其中包括浊度控制器和混凝控制器。
- (4) 美国米顿罗公司（Milton Roy）的GB—40型隔膜计量泵，流量为0—420L/h，可通过变频器调节频率来改变加药量。
- (5) 北京精密单因子科技有限公司生产的DYZ—6型多功能变频调速控制柜，其中变频器为日本富士公司的FUJI—E9S。

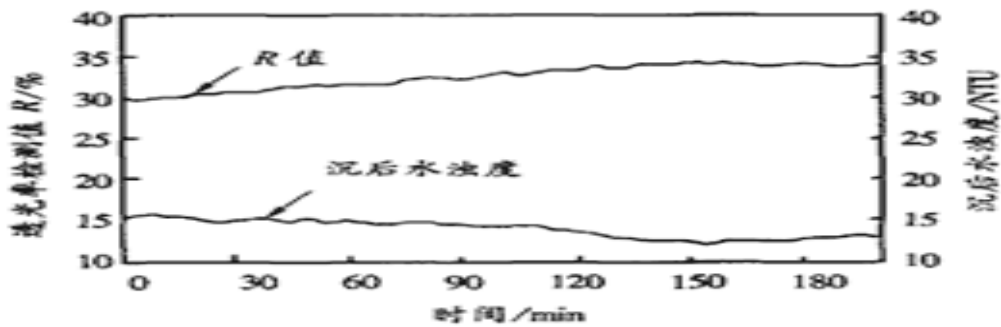


图 2 浊度设定值减小时系统调节

2.2 透光率脉动控制系统性能评价

2.2.1 系统的灵敏性

检测机构的灵敏性是自动控制系统具有良好控制性能的前提条件，为了评价系统的灵敏性，在调试阶段通过改变计量泵的频率，人工改变混凝剂投加量，同时纪录透光率脉动检测值 R 的变化情况，所得的结果见表 1。

表 1 系统灵敏性评价表				
计量泵频率（HZ）	10	20	30	40
混凝剂投加量 （mg/L）	15	25	35	45
透光率				

从表中可以明显的看出：系统对混凝剂投加量的变化具有较好的灵敏性，该处理工艺在一般的水质条件下，混凝剂投加是在 30—35mg / L 左右，系统在此加药量下具有较好的灵敏性。

2.2.2 透光率脉动控制系统的动态调节性能

一个好的控制系统必须具有较好的动态调节性能¹，对于透光率脉动混凝剂投加自动控制系统来说，真动态性能主要包括：对水量变化的调节能力、对药液突变的抵抗和调节能力、对设定值改变的调节能力，现对该系统的各种性能分别做出评价。

（1）对水量变化的调节能力

在实际的运行过程中，经常会出现水量的波动，如不及时调节投药量，就可能影响出水水质。在人工投药条件下，操作工人根据经验进行调节，经常不能及时调节投药量或调节精度低，使处理效果受到一定的影响。因此，对水量变化的调节能力是评价该系统控制性能的最重要指标之一。图 4 表明了在水量突变时控制系统的调节情况。

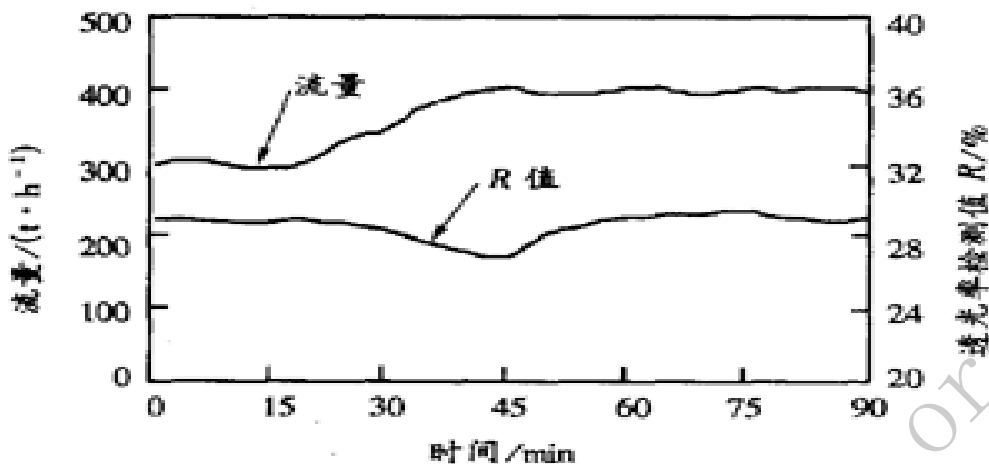


图3 系统对原水流量变化的调节

从图4中可以看出：当水量发生变化后，透光率脉动检测值亦随之发生相应的变化，使得混凝剂投加量也随之改变，从而保证出水水质相对稳定。虽然透光率脉动控制系统具有一定的纯滞后时间，但由于时间相对较短（本控制系统的滞后时间是5分钟），水质没有出现较大的波动，由图可见，沉后水浊度基本稳定，系统体现了良好的调节能力。

(2) 对药液浓度改变的调节能力

水厂使用的混凝剂是液态的，由生产车间通过管道输送至水厂的储药池内，然后由提升泵提升到溶液池中，并且在溶液池中配制成10%浓度的药液，配置过程中完全靠人工控制提升泵的开关，因此，配置的药液浓度经常变化较大。调试过程中，人为地将药液浓度从10%提高到12%，控制系统的变化情况见图5。

从图5中可见，在药液浓度发生改变五分钟之后，透光率脉动检测值亦围绕设定值发生相应的改变，同时计量泵频率也发生相应的变化，使混凝剂投加量降低，在三个调节周期后（15分钟）透光率脉动检测值恢复稳定，系统已经成功地消除了药液浓度变化带来的影响。此后，沉后水浊度一直保持稳定，可见系统对药液浓度的突变具有较强的抵抗和调节能力。

(3) 系统对混凝设定值改变的调节能力调试过程中人为改变混凝设定值（从53.3增加到55.3）以观测系统的调节能力（为了减小其它因素的影响，将浊度控制器设定为手动状态，以避免系统根据沉后水浊度对混凝设定值进行调节），所得的结果见图6。

从图6中可以看出，人为增加混凝设定值后，计量泵的频率在瞬间增大，而后在系统的调节下逐渐变化以至达到一个稳定的运行值；透光率脉动检测值在5分钟后开始发生较大的改变，然后在控制系统的调节下，在两个调节周期后基本稳定在设定值附近；50分钟后沉后水浊度发生改变（源水在二次沉淀池中的停留时间约为40分钟），从16NTU逐渐稳定在13NTU附近。可见改变混凝设定值后系统可以快速的达到另一个稳定状态。

(4) 人为改变浊度设定值

调试过程中，人为改变浊度设定值（从 17NTU 变化到 12NTU），系统的变化和调节情况见图 7 所示。

从图 7 中可以看出，改变系统的浊度设定值后，计量泵的频率、混凝设定值都会随之发生相应的变化，并且在经过两个周期的调节后基本趋于稳定状态，同时沉后水浊度亦会随着混凝剂投加尽的改变而发生变化，在浊度设定值改变的两个周期（80 分钟）之后，二次沉淀池出水浊度基本与浊度设定值趋于一致，系统表现出了较好的灵敏性和较强的调节能力。

通过对本系统的调节性能的评价，可以看出透光率脉动混凝投药自动控制系统对于各种常见干扰都能够作出有效的响应，并及时作出调节。一般克服干扰的调节时间不超过 15 分钟，沉淀池出水浊度的调节时间不超过 2 小时，并能够根据原水水质、水量和运行条件的变化及时调节投药量，使投药量保持在最佳的状态，可以满足工艺对真调节性能的要求。其良好的调节能力是含油污水处理系统工况稳定的可靠保证，使沉淀后出水浊度的稳定性、合格率都明显地提高，对保证出水水质起到了良好的作用。

3 经济效益的评价

由于原水水质具有较大的波动性，因此，无法进行完全相同的水质条件下的同步平行对比试验，对此，采用人工投药与自动投药交替运行的方式，即一天人工投药，一天自动投药，交替运行。表 2 表明了生产试验的结果，其中每组数据均为大量运行结果的平均值。

表 2 自动投药与人工投药耗药量对比							
运行方式	平均加药量 (mg/L)	含油量 (mg/L)			悬浮固体量 (mg/L)		
		进水	出水	去除率 (%)	进水	出水	去除率 (%)
人工投药	31.5	89	25	71.9	43.5	13.8	68.3
自动投药	28.1	91	24	73.6	42.1	13.0	69.1
平均节约率 (%)				10.9			

从上表中可以看出，自动控制系统的处理效果稍好于人工控制方式，但药剂耗量明显小于人工控制方式，平均节约 10.9%，可见自动控制系统具有较好的经济效益。

4 结论



含油污水的混凝处理过程中，水量等因素的变化对混凝效果产生较大的影响，在人工控制投药条件下，不能及时的调节混凝剂投加量，以保证投药量最佳。将透光率脉动检测技术应用于混凝剂投加自动控制系统中，可以根据水质、水量等因素的变化自动调节投药量，保证沉后水浊度基本稳定。生产试验表明透光率脉动混凝投药控制系统具有良好的经济效益和社会效益。有望在含油污水处理中得到更广泛的应用。

http://www.chinacitywater.org
中国城镇水网