



# 高浊度水作为城市供水原水的水处理工艺浅析

修春海<sup>1</sup> 李玲<sup>2</sup> 杨月杰<sup>3</sup>

(1. 济南市市政公用局, 山东济南 250101; 2. 济南市政工程设计研究院, 山东济南 250101;

3. 济南人防办公室, 山东济南 250014)

**摘要:** 随着全球性气候变化和水资源污染的加剧, 世界范围内可以为人类利用的水资源正在变得越来越紧张, 合理开发利用高浊度水作为城市供水水源, 对于确保社会和经济的可持续发展具有战略意义。本文对利用高浊度水作为城市供水水源的水处理工艺进行了一定的探讨和研究。

**关键词:** 高浊度水 城市供水原水 工艺选择

## 前言

城市供水是城市的命脉, 确保城市安全供水需要稳定的水源、可靠的净水厂、合理的供水管网、优化的调度系统等等。稳定的水源是城市安全供水的基础, 城市供水的水源主要有地下水和地表水两种, 在我国南方主要以地表水为主, 而北方则以地下水为主。在北方, 部分城市随着地下水资源过度开采出现了不同程度的漏斗和地面下沉现象, 于是地表水资源的开发利用方兴未艾, 黄河已经成为黄河流域城市供水的主要水源, 目前黄河承担着我国50多个城市的供水任务。作为南方城市供水主要水源的长江, 因上游植被的破坏和城镇排放的大量污水导致水质变得越来越差, 正在逐渐变成第二条“黄河”。随着全球性气候变化造成的水资源减少的趋势和水源污染的加剧, 水资源已经在全球范围内变成一种紧缺的战略资源。据资料统计, 目前在中国670个城市中, 有400个常年供水不足, 150个严重缺水, 因此, 研究高浊度水的处理工艺, 对于确保社会和经济的可持续发展具有重要的战略意义。

高浊度水是指浊度较高、有清晰沉降界面的含砂水体, 其含砂量一般大于 $10\text{kg}/\text{m}^3$ , 它是在大气降水后雨水或融化的冰雪水流对裸露土地冲刷, 将泥土带入水体而形成的, 一般出现在水土保持较差或自然植被较薄弱的地区。

按照国家建设部颁发的《高浊度水给水设计规范》(CJJ40—91)要求, 工程设计应考虑城市供水保证率大于97%, 利用高浊度水作为城市供水水源, 应根据城市的供水规模、河流情况以及当地的经济状

况, 通过技术经济比较来选择水处理工艺。处理高浊度水的关键是解决泥沙问题以及因河床摆动大而引起的取水难问题, 另外因降雨和干旱期集中还要解决河水断流问题, 因此在选择高浊度处理工艺是应重点考虑取水和稳定供水问题。

## 1 取水工程设计

### 1.1 取水点条件

取水设计应确保河道安全和安全供水, 在规划设计以高浊度水为原水的供水工程时, 选择好的取水地点非常重要, 一个好的取水地点需具备以下条件:

(1) 河水流量稳定, 河水流量能满足新建水厂的供水规模, 不会对下游的河流生态造成重大影响。另外, 除保证当前生活、生产需水, 还要满足远期发展所需的水量。

(2) 河水水质好而且稳定, 即选择的取水点上游污染源少, 可以取到含砂量低的源水, 水质应达到国家《地表水环境质量标准》(GB3838—2002)Ⅲ类标准。

(3) 取水点应优先考虑选择河床稳定、不会产生淤积和冲刷的工程地质条件良好的河段。游荡性河段的取水点应结合河床、地形、地质的特点, 将其布置在主流线密集的河段上; 取水点设在主流顶冲点下游300米左右, 同时冰水能够分层的河段。

(4) 选择取水口位置时, 应考虑施工条件良好和运行管理方便, 同时又要考虑工程投资较为经济。

### 1.2 取水构筑物的形式

1.2.1 岸边式取水构筑物。对于河岸靠近主流且地质条件较好的河段, 可采用岸边式取水构筑物, 它

由进水涵闸、格栅、进水间、泵站等组成，因高浊度水的取水条件差，容易因泥沙快速淤积对拦污栅造成损坏，应慎重选择格栅。

1.2.2河床式取水构筑物。对于河岸不靠近主流且地质条件较差的河段，可铺设进水管至河流中心取水，取水构筑物主要由取水口、进水管和泵站组成。

1.2.3活动式取水构筑物。对于取水点河流水位涨落幅度较大，或河槽不稳定河段可采用活动式取水构筑物，临时取水多采用活动式取水构筑物。活动式取水构筑物有缆车式和浮船式两种。

### 1.3 提升设备的选择原则

(1) 在设计高浊度水取水泵站时，因粗颗粒泥沙对设备磨损很大，所以必须选用耐磨蚀、低转速、低扬程的浑水泵，不能选用常规的清水泵等设备。

(2) 目前取水泵站大部分选用轴流泵，为保证供水可靠性，轴流泵宜使用不锈钢的叶轮和轴套，配备合适的润滑水系统。

(3) 从运行管理和维修方便来看，可优先选用卧式离心泵，其次混流泵，少选轴流泵，在选择水泵时应考虑进水的含砂量不同所引起的水泵扬程、流量以及功率的变化。

## 2 不同取水条件下的处理工艺

2.1在河水流量及水质相对稳定情况下，处理高浊度水的工艺选择较为简单，可选用以下工艺流程：

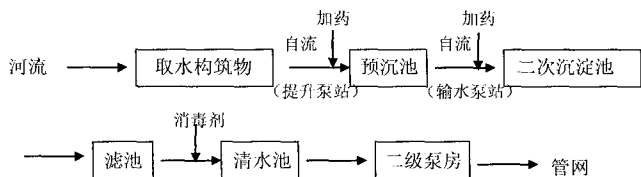


图1 原水稳定的处理工艺

以上处理工艺运行可靠，投资较小，其中二次沉淀池和滤池可以选用常规的工艺形式，在此着重介绍预沉池。

预沉池设计运行是否合理是该生产工艺成功的关键，如有疏忽很容易造成水质或停水事故，因此在设计中应设置在线浊度仪等仪表，加强自控检测报警功能，并合理选择排泥系统和设施，排泥设备和管道应充分考虑泥沙磨损问题。采用沉淀池处理高浊度水时，为增加处理效果要合理设置加药系统，净水药剂一般采用高分子絮凝剂，如聚丙烯酰胺。预沉池有辐流式、平流式沉淀池和沉砂池等形式。

### 2.1.1 平流式沉淀池

平流式沉淀池设计时主要考虑沉淀池长度的计算，沉淀池长度为设计规定的应沉泥砂颗粒的沉降长度，即：

$$L=H*v/w \quad (1)$$

式中  $H$ ——沉淀池首端工作水深 (m)；

$v$ ——沉淀池首端流速 (m/s)；

$w$ ——计算颗粒泥砂的沉降速度 (m/s)。

### 2.1.2 辐流式沉淀池

因辐流式沉淀池具有抗表面负荷与进水量变化冲击能力强、出水水质稳定、沉淀泥砂便于机械排除等优点，现多采用辐流式沉淀池，辐流式沉淀池的主要设计参数是沉淀池面积 ( $A$ ) 和深度 ( $H$ )。

沉淀池面积可按泥渣浓缩来计算：

$$A=Q*T/H \quad (2)$$

式中  $Q$ ——辐流池设计进水量 ( $m^3/min$ )；

$T$ ——设计排泥浓度时的沉泥浓缩时间 (min)；

$H$ ——辐流池周边设计水深 ( $m^3/min$ )。

沉淀池深度  $H$

$$H=H_1+H_2+H_3+H_4+H_5+H_6 \quad (3)$$

式中  $H_1$ ——辐流池周边清水区高度(m)； $H_2$ ——辐流池周边等浓度区高度(m)； $H_3$ ——浓缩区高度(m)； $H_4$ ——刮板距池底安全高度(m)； $H_5$ ——辐流池超高(m)； $H_6$ ——圆锥池底高度(m)。

### 2.1.3 沉砂池

处理高浊度水的预沉池应当有较大积泥容积和可靠的排泥设施。对于土地资源丰富的地区，可以选择沉砂池（沉砂条渠）取代预沉池和二次沉淀池，沉砂条渠的长度、面积及过水断面应根据供水规模、地形、地质等情况来确定，沉砂条渠的长度是设计沉砂条渠的主要参数：

$$L=k*h*v/v_1 \quad (4)$$

式中  $h$ ——沉砂池的平均水深 (m)；

$v$ ——沉砂池的平均流速 (m/s)；

$v_1$ ——设计去除粒径泥砂的沉降速度(m/s)；

$k$ ——紊动影响修正系数。

利用沉砂条渠作预处理设施时采用自然沉淀，而无需再投加絮凝剂，管理简单，处理效果好，还具有一定的调蓄功能，有利于保证城市供水率。通过预沉处理会产生大量的泥沙，泥沙可以作为资源利用，如烧砖、制陶、改善盐碱地或低洼地等。

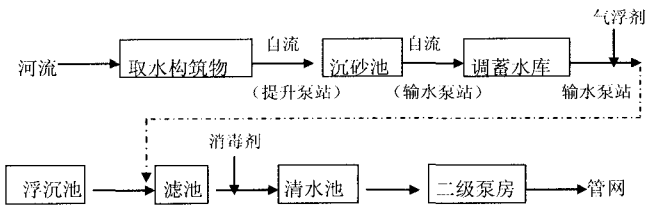


图2 原水不稳定的处理工艺

2.2 对于河水流量或水质不稳定的高浊度源水，建议选用的处理工艺流程为：

本处理工艺的主要特点是设置了沉砂池、调蓄水库和浮沉池，优点是确保了供水可靠性，缺点在于沉砂池和调蓄水库占用大量土地，投资相应较大。露天设置的浮沉池在北方冬季容易结冰，影响正常运行，但此时水库浊度较低，可以采取直接过滤的方式。在此着重介绍调蓄水库和浮沉池。

如高浊度水存在微污染问题，建议考虑采用人工湿地技术进行预处理，达到国家《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）Ⅲ类标准后，送入城市水厂进行处理。

### 2.2.1 调蓄水库的作用

2.2.1.1 调蓄水量。在河水量足、水质好的情况下将源水储蓄在水库中，以确保在河流断流和河水水质差时仍能稳定向城市提供合格的水源。

2.2.1.2 改善水质。水质在水库中经过水体自净功能得到改善，提高了供水水质，可以通过综合生物处理进一步改善水质。表一为某水库进出水质变化的比较。

水质变化对比表（单位：毫克/升）  
检测时间：2006.12.03 表1

	氨氮	亚硝酸盐	耗氧量	化学需氧量
进库水	1.02	0.15	7.0	50.6
出库水	0.35	0.019	3.9	26.8

调蓄水库的主要作用是调蓄水量，设计库容时应充分考虑因水量和水质因素无法从河流中取水时，仍能满足城市供水需求，即设计库容为：

$$V=V_0+V_1+V_2 \quad (5)$$

式中  $V_0$ —— 水库死库容（ $m^3$ ）；

$V_1$ —— 水库设计有效库容（ $m^3$ ），即供水用库容；

$V_2$ —— 水库损失库容（ $m^3$ ），包括蒸发和

### 渗漏损失量补偿

例如，设计水库的供水量为 $220000m^3/d$ ，根据河水枯水概率计算，50年一现枯水期是80天，那么设计水库的有效库容为 $220000 \times 80 = 17600000m^3$ ，另外还要考虑水库的净蒸发量和渗漏量。

在设置调蓄水库情况下，水库设计及实际生产时要考虑除藻技术，水库水中有机质的去除是水厂沉淀池设计考虑的重要问题，以设计成浮沉池形式为好，即藻类含量高时使用气浮功能，藻类含量低、浊度高时使用沉淀功能，如水库出水浊度常年保持较低（ $<50NTU$ ），可以将沉淀池设置为气浮池。

如果原水河水量或水质不稳定，最可靠的方法是设调蓄水库。八十年代黄河下游某些城市兴建了以黄河为水源的水厂，其处理工艺是从黄河中直接取水进行预沉后再采用常规处理的方法，因在黄河枯水期、洪峰期、流冰期、高含砂量期和水质差时不能取水，致使水厂运行受到源水供应的严重制约，无法保证正常稳定供水，1997年黄河下游断流二百余天，水厂基本处于停产状态，到九十年代末兴建了与之配套的调蓄水库后，水厂才得以正常运行。

### 3、结论

高浊度水作为一种重要水资源，只要按照不同的供水规模、取水条件以及经济条件选择合适的处理工艺，完全可以作为城市供水的可靠水源。在选用高浊度水作为城市供水原水时，泥沙处理和稳定供水是工程设计的重点，对于存在水污染的高浊度水还要加强预处理工艺，为确保供水水质和安全，建议在城市供水设施中将沉砂池和调蓄水库作为处理高浊度水的重要配套设施。

### 参考文献

- 1、中国市政工程西北设计院主编 高浊度水给水设计规范 CJJ 40—91
- 2、谷兆祺主编 中国水资源水利水处理与防洪全书 中国环境科学出版社，1999
- 3、聂梅生总主编 水工业工程设计手册 一水资源及给水处理 中国建筑工业出版社2000
- 4、严熙世 范瑾初主编 给水工程(第四版) 中国建筑工业出版社2008

作者通联:0531-66605528