

管式微絮凝净水工艺在应急供水中的应用分析与研究

张俊¹ 王玉飞² 张龙³

宁夏长城水务有限责任公司 宁夏银川 750004

摘要: 本文主要阐述了管式微絮凝净水工艺的原理, 管式微絮凝工艺设备的优缺点, 管式微絮凝净水工艺技术特点, 管式微絮凝净水工艺设备的选型, 工程案例中现状供水能力分析, 管式微絮凝工艺改造的必要性、设备制作安装及制水工艺流程。以及运用管式微絮凝工艺设备注意的事项, 同时阐述了管式微絮凝工艺设备在净水工艺中应用后投加不同药量所产生的效果, 以及产生的效益, 为相应的设计及工艺改造提供一定的技术参考。

关键词: 微絮凝; 微絮凝原理; 案例; 选型; 微絮凝设备技术应用; 研究及效果; 效益; 工艺改造

前言:

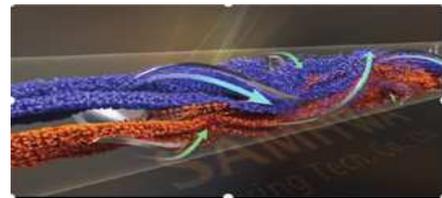
絮凝沉淀技术是净水工艺中一种常见水处理技术, 微絮凝技术是在原有净水或供水工艺受到限制或制约, 为保证安全供水采用的一种特殊工艺而进行水处理的新型技术, 它是应急水处理技术中的一种优先技术选择, 是一种完全不同于传统工艺的新技术, 新工艺、新设备, 它不同于普通的絮凝工艺设备所发挥的作用。

为了生产、生活用水的可持续发展, 建立安全、可靠、高效的供水保障体系, 维护生产、生活供水安全、可靠发展的状态, 在应急供水技术改造工程中, 运用微絮凝净水工艺技术和设备, 在保障安全供水已至关重要。采用微絮凝净水工艺及设备作为一种高效、安全的净水技术, 是解决生产、生活应急用水的有效措施之一。

1、管式微絮凝净水工艺原理

对进入管式涡流静态混合器的原水进行投加PAM絮凝剂, 在管式涡流混合器内通过无级变速涡旋反应器进行高速均匀混合, 在混合反应器出口处通过设立的钢制挡板改变水流旋转方向, 使混合液产生流向变化, 将初形成的较大矾花击碎, 微絮凝颗粒进入滤层, 加速絮凝颗粒的高速碰撞, 使其在滤层空隙中形成带活性的网状结构, 并与微絮凝颗粒絮体充分接触, 让它在高碰撞的条件下再次进行充分接触产生混凝反应, 生成体积小而密实的微絮凝颗粒, 使微絮凝颗粒在失恒的状态下被吸附截留在滤层中, 达到絮凝瞬间混合的目的。此工艺适用于原水为水库水, 低温、低浊度水质的应急净化水处理。

通讯作者简介: 王玉飞, 男, 汉, 1976.11, 学历: 本科, 水利高级工程师, 宁夏长城水务有限公司, 研究文秘, 水利水电。



管式微絮凝净水工艺原理图

2、管式微絮凝净水工艺的优缺点

(1) 优点

①连续工艺, 混合过程不被打断; ②剪切力小, 流速稳定, 混合均匀度高、效率高; ③结构简单, 混合速度快, 节约用地, 节省能耗; ④不需要运动部件, 无磨损, 生产和维护成本较低; ⑤体积小、无需动力设备带动, 成本低、寿命长、坚固耐用。

(2) 缺点

①微絮凝净水工艺技术对原水浊度要求比较高; ②不能处理高浊度、高色度或者浊度色度都比较高的水质; ③此工艺没有传统的沉淀缓冲作用, 对絮凝花絮条件要求严格, ④药剂的选择及投加量需进行大量试验数据进行确定, 需根据确定的投加参数采用自动化投加系统进行控制投加。^[1]

3、工程案例

3.1 工程概况

宁夏长城水厂位于宁夏银川兴庆区水洞沟与鄂尔多斯上海庙交汇处, 水厂一期建设规模为日处理水20万 m^3/d , 总投资6.4亿元, 二期远景建设规模40.0万 m^3/d , 主要任务为银川滨河新区、内蒙古鄂尔多斯上海庙、宁东能源化工基地、银川市月牙湖乡等提供生产、生活用水和生态环境用水。水厂主要有配水井、高效絮凝沉淀池、翻板滤池、清水池、送水泵房、加药间、次氯酸钠间、废水池、厂区锅炉房、机修车间和综合办公楼组成, 水源以黄河水为水源, 由取水泵站、输水管线引调至水

洞沟调蓄水库，水厂进水为调蓄水库水，水质较好，水厂进水浊度长年保持在8-12NTU，现有原水管道为双排DN1200PCCP管，长度约725m，单根输水规模为11万m³/d。经自流入入水厂，制水工艺采用“絮凝+沉淀+过滤+消毒”的水处理工艺，通过降低源水浊度、经过高速混合过滤、杀菌、消毒，使出水水质符合《城市生活饮用水卫生标准》(GB5794-2006)。^[1]

3.2 现状供水设施供水能力分析

水洞沟水库现状库容为1224万m³。通过水源泵站合理计划调水，水库调蓄水量能够完全保障增加规模供水。配水井进水液位1170.00m，翻板滤池设计滤速7.8m/h(强制滤速9.1m/h)，当新增2万m³/d水处理规模时，过滤滤速<9m/h，满足滤池反冲洗周期为24h~48h的规范要求。现有清水池总容积2万m³，经过在供水低谷期进行蓄水或一日多次蓄水，在高峰时段进行补水，可调蓄增加到22万m³/d的供水。送水泵站共安装7台卧式离心泵，其中大泵6台，每台水泵流量1667m³/小时，扬程为80m；小泵1台，流量1100m³/小时，扬程为80m，5用1备，其中两台水泵为变频泵，经过调解运行，能够保证现状供水需求。

3.3 微絮凝设备改造的必要性

(1) 随着宁东临河综合工业园宝丰能源二期建成投产、长城能化产能逐步释放、上海庙经济开发区各大电厂开工建设，日需水量达22万m³/d，长城水厂满负荷日均供水量为20万m³/d，现状供水缺口达2万m³/d。

(2) 在长城水厂供水保障形势日趋严峻的情况下，为保证高峰期用水需求，在不具备进行二期水厂扩建、且保证高峰期水厂安全供水能力情况下，做好应急供水保障，进行应急供水微絮凝工艺设备改造迫在眉睫。

(3) 工艺设备运行已达10多年，尤其是高效絮凝沉淀池搅拌机、刮泥机、翻板滤池等设备及自动化故障率逐年增大，影响工艺正常运行，供水保障形势日趋严峻。

(4) 为保障供水需求，优化供水结构，进行净水工艺改造，利用管式微絮凝净水工艺在超越管道安装管式微絮凝静态混合器设备是解决供水缺口的有效途径。它既能节约成本、又能解决供水缺口，而且供水快捷高效，安全可靠，也能进一步提高应急供水保障能力，缓解人员、设备和工艺运行压力，实现安全有序供水。

3.4 微絮凝净水工艺设备制作安装和水处理方法

3.4.1 微絮凝设备选型与制作

管道式微絮凝静态混合器设备主要为碳钢、不锈钢、玻璃钢材料结构，根据本工程特点及实用性，微絮凝净水设备选择与进水管径DN500匹配的不锈钢材料GJH-500型号混合器，长度为2200mm，加药管直径为32mm。设备

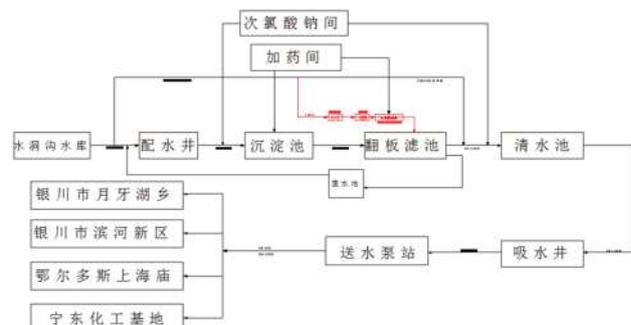
选择在专业加工车间制作，设备壳体采用优质不锈钢，内体材质采用304不锈钢，两端用De670不锈钢制法兰焊接，上端焊接2根加药管，并用法兰焊接，每节混合器有一个180°扭曲的固定螺旋叶片，分左旋和右旋两种，相邻两节中的螺旋叶片旋转方向相反，并相错90°，加工制作完成后，将成品运至现场与分水管道进行法兰组装连接。

序号	型号	二期其他 (mm)	管外径 (mm)	埋设管外径 (mm)	长度 L(mm)	加药管直径 (mm)	流速 m/s	流量 m ³ /h	次投器具 (个)
1	GJH-80	DN80	DN80	DN105	800	DN15	+1.00	+8.84	
2	GJH-85	DN85	DN75	DN105	800	DN15	+1.00	+11.80	
3	GJH-80	DN80	DN80	DN200	700	DN15	+1.00	+10.00	
4	GJH-100	DN100	DN110	DN200	800	DN15	+1.00	+20.00	
5	GJH-125	DN125	DN140	DN200	900	DN20	+1.00	+23.92	
6	GJH-150	DN150	DN162	DN200	1000	DN20	+1.00	+23.92	
7	GJH-200	DN200	DN212	DN240	1300	DN25	+1.00	+106.0	0.076
8	GJH-250	DN250	DN264	DN295	1500	DN25	+1.00	+180.0	0.079
9	GJH-300	DN300	DN314	DN345	1600	DN25	+1.00	+202.0	0.079
10	GJH-350	DN350	DN365	DN395	1700	DN25	+1.00	+265	0.4
11	GJH-400	DN400	DN416	DN455	2000	DN25	+1.00	+485	0.87
12	GJH-450	DN450	DN468	DN515	2100	DN25	+1.50	+509	
13	GJH-500	DN500	DN518	DN570	2300	DN32	+1.50	+1096	0.91
14	GJH-600	DN600	DN620	DN700	2800	DN32	+1.56	+1912	0.95
15	GJH-700	DN700	DN720	DN800	2900	DN40	+1.56	+2190	0.95
16	GJH-800	DN800	DN820	DN915	3300	DN40	+1.59	+2880	1.01
17	GJH-900	DN900	DN920	DN1115	3600	DN40	+1.57	+3000	0.99
18	GJH-1000	DN1000	DN1024	DN1230	4000	DN45	+1.53	+4320	0.94
19	GJH-1100	DN1100	DN1126	DN1340	4400	DN45	+1.53	+5040	0.94
20	GJH-1200	DN1200	DN1228	DN1455	4700	DN50	+1.60	+6010	1.03
21	GJH-1300	DN1300	DN1332	DN1575	5100	DN50	+1.60	+7481	
22	GJH-1400	DN1400	DN1436	DN1675	4500	DN50	+1.60	+5862	1.05
23	GJH-1500	DN1500	DN1540	DN1785	5900	DN50	+1.60	+10173	

微絮凝静态混合器型号

3.4.2 水处理方法和工艺流程

将现状两排DN1200PCCP管道一排正常工艺供水，一排将上、下游阀门分别关闭，采用机械结合人工将原管道开挖漏出工作面，拆除1节DN1200管道，用钢管三通引出超越管道至清水池做检修应急，然后再从超越管道引出DN500支管将管道接出，并与管式微絮凝混合器连接至翻板滤池工艺管道，管材选用3PE防腐钢管，管材及阀门、管配件压力等级为1.0MPa。从DN500支管道起端分别起，依次将DN500电动调流蝶阀、DN500电磁流量计、DN500不锈钢管式微絮凝静态混合器分别一字布置于3座钢筋混凝土阀井，在管式微絮凝混合器前端安装2个不锈钢管加药管，并将管式微絮凝混合器安装的DN32加药管与加药间布置加药管道连接于数字投加泵进行自动投加。然后将经过微絮凝混合器高速混合后的水通过超越导管直接引入翻板滤池处理单元内进行深度过滤净化处理，经杀菌消毒由管道输入到清水池，再通过清水池由送水泵房水泵送至各用水户。



水处理工艺流程图



管式微絮凝设备结构图

3.4.3 技术工艺特点

①建设周期短, 无需配水设施、反应池和斜管沉淀池; ②建设成本低, 可节省40%的土建工程建设费用, 可节省配水设施、反应池和沉淀池所占面积; ③传动运行成本低, 无需传动电力设施和配水设施, 药剂使用量低, 可节约50%以上电力运行费; ④可节约(30~50%)混凝药剂用量(混凝药剂用量越小所产生的污泥量也小); 与传统工艺比操作管理简便; 施工时间短, 制水工艺路线大幅缩短, 操作简便, 形成生产能力快。

3.4.4 管式微絮凝工艺注意事项

①浊度大于200NTU源水不适于此工艺制水; ②通过微絮凝混合器的水流速度要适当且均匀; ③选择适合此工艺的混凝剂和助凝剂

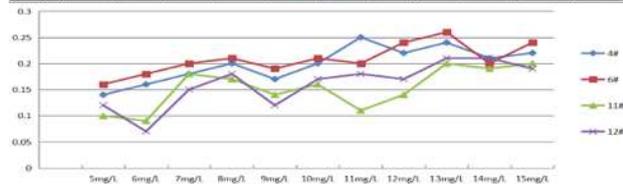
3.4 微絮凝技改后的运行效果

(1) 从实际运行来看, 运行平稳, 药水混合均匀度高, 出水浊度、金属铝和其它水质指标均符合国家饮用水标准。

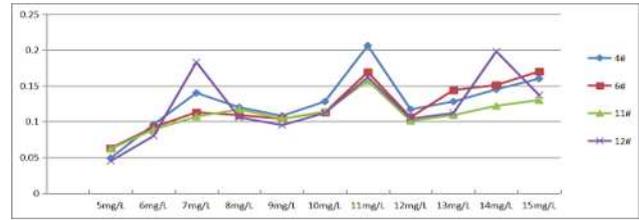
(2) 有效缓解高峰用水期沉淀池供水设备运行压力, 且在设备出现故障的情况下, 确保短时间内持续、高效、安全供水, 为设备维修争取最大缓冲时间。

(3) 节省成本, 经济效益明显, 经过原水投加不同药量与实际出厂水浊度的检测数据对比分析, 水厂原水PAC矾基加药量在9mg/L为最优加药量, 出水浊度为0.12~0.19NTU。平均浊度为0.16NTU, 金属铝含量为0.095~0.108mg/L, 平均金属铝含量为0.103mg/L。^[4]

矾基	5mg/L	6mg/L	7mg/L	8mg/L	9mg/L	10mg/L	11mg/L	12mg/L	13mg/L	14mg/L	15mg/L
4#	0.14	0.16	0.18	0.20	0.17	0.20	0.25	0.22	0.24	0.21	0.22
6#	0.16	0.18	0.20	0.21	0.19	0.21	0.20	0.24	0.26	0.20	0.24
11#	0.10	0.09	0.18	0.17	0.14	0.16	0.11	0.14	0.20	0.19	0.20
12#	0.12	0.07	0.15	0.18	0.12	0.17	0.18	0.17	0.21	0.21	0.19



矾基	5mg/L	6mg/L	7mg/L	8mg/L	9mg/L	10mg/L	11mg/L	12mg/L	13mg/L	14mg/L	15mg/L
4#	0.049	0.096	0.14	0.12	0.108	0.128	0.188	0.117	0.128	0.145	0.16
6#	0.063	0.092	0.113	0.109	0.104	0.113	0.169	0.106	0.144	0.151	0.17
11#	0.062	0.089	0.107	0.117	0.104	0.114	0.157	0.101	0.109	0.122	0.13
12#	0.045	0.08	0.183	0.106	0.095	0.112	0.162	0.104	0.112	0.198	0.137



(4) 通过改造后供水分析研究, 微絮凝工艺的应用和选择是比较成功的, 有效缓解高峰用水期的供水运行压力。

3.5 产生的效益

(1) 经济效益: 增加供水量在沉淀、絮凝节省建设投资400万元, 在(聚合氯化铝和次氯酸钠)药剂方面节省成本16.6万元/年, 为公司在降本增效方面创造了直接经济效益。

(2) 社会效益: 充分保障了宁东化工基地宝丰、长城能化、苏银产业园、内蒙古上海庙经济开发区的工业安全用水和兴庆区月牙湖乡人饮安全用水问题, 以及为当地牲畜养殖提供了用水安全保障。

(3) 生态效益: 夏季高温季节, 在设施设备满负荷运行时, 为有效缓解生态用水压力, 为保障区域内生态用水提供了有利条件。

(4) 安全效益: 可有效降低设备满负荷运行下产生的不利影响和存在的安全隐患, 为设备事故检修和提高检修质量提供充裕的时间保障。

4、结语

管式微絮凝净水工艺的技术改造简化了原有设计混凝+沉淀的水处理工艺的设计理念, 促进了应急供水对微絮凝设备的广泛应用, 具有节省投资, 施工简便, 安装方便, 节约成本, 施工周期短, 见效快, 节约土地的特点, 为进一步深入研究管式微絮凝设备对研究药剂的选择, 药剂投加量的试验数据分析提供了支撑, 对解决社会供水当中供需矛盾问题以及更加高效投加药剂具有十分重要意义, 为保障安全供水产生了一定的经济效益和社会效益。^[2]

参考文献:

[1] 宁夏长城水厂应急供水改造项目设计方案与施工方案, 2021-04
[2] 吴作成. 微絮凝——过滤工艺技术综述全国水处理混凝技术研讨会文集, 2007(07);
[3] 戚强.S-K静态混合器的应用与模拟. 南京工业大学, 2015.76
[4] 史忠伟.S-K管式混合器微絮凝高速过滤的试验研究. 环境工程学报, 2014年第2期