

分离鳃最优鳃片间距的静水沉降试验

陶洪飞¹,邱秀云¹,李卫鹏²,何照青²,许琳琳²

(1. 新疆农业大学水利与土木工程学院,新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆水利水电勘察设计院,新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:为了研究分离鳃的鳃片间距对水沙分离效果的影响,在分离鳃和普通管中进行了4组不同含沙量、7种不同鳃片间距的静水沉降试验,运用浅层沉淀理论对不同鳃片间距的分离鳃水沙分离性能进行了分析。试验结果表明:分离鳃的水沙分离效果好于普通管的,不同鳃片间距的分离鳃泥沙平均沉降速度为普通管的1.40~3.25倍;分离鳃的鳃片间距越小,分离鳃的泥沙沉降速度就越大,反之亦然;5~15 cm的鳃片间距对清水层厚度和泥沙沉降速度影响最大,同时考虑制作分离鳃的经济性和工艺难易程度,鳃片间距宜为10 cm。

关键词:分离鳃;鳃片间距;清水层厚度;泥沙沉速;沉淀面积

中图分类号:TV149.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2013)04-0049-05

The static water settlement test of optimal gill-piece spacing in gill-piece separation device//TAO Hongfei¹, QIU Xiuyun¹, LI Weipeng², HE Zhaoqing², XU Linlin² (1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Xinjiang Survey and Design Institute of Water Conservancy and Hydropower, Urumqi 830000, China)

Abstract: The static water settlement tests of four different sediment concentrations were carried out in a gill-piece separation device (GPSD) with seven different gill-piece spacing and in a common tube without gill-piece. Meanwhile, the water-sediment separation performance of different gill-piece spacing was analyzed by using the theory of “shallow precipitation”. Test results show that the water-sediment separation effect of a GPSD is better than that of a common tube without gill-piece, and the average sediment settling velocity of different gill-piece spacing in a GPSD is 1.4–3.25 times of that in a common tube without gill-piece. The smaller the gill-piece spacing is, the bigger the sediment settling velocity is, and vice versa. The gill-piece spacing between 5–15 cm has the greatest effect on clear water layer thickness and sediment settling velocity. Furthermore, considering the economy and the difficulty of production process of a GPSD, the optimal gill-piece spacing is chosen to be 10cm finally.

Key words: gill-piece separation device; gill-piece spacing; clear water layer thickness; sediment settling velocity; deposit area

新疆河流多属山溪性河流,含沙量大且沙粒粒径粗细不均,河水中的含沙量每立方米可达数十甚至数百千克,有的大颗粒泥沙粒径达10 mm以上,而有的细颗粒泥沙粒径则小于0.05 mm。有资料表明在一些河流中粒径小于0.03 mm的泥沙占含沙总量的40%以上,河水浊度值很高。目前,靠水力自身能量动态处理泥沙的工程设施很多,但对于高浊度水中粒径小于0.05 mm的泥沙却无能为力,处理这些细颗粒泥沙十分困难,给工业用水、生活用水以及多沙河流沿岸居住分散的农牧民群众用水造成极大的不便,并对灌区的滴、喷灌设备带来了很大的危害,灌溉时常常会发生喷头或滴灌头流道堵塞的问题,严重制约了喷、滴灌等先进节水灌溉技术的推广和应用。因此,迫切需要研究一种既环保又经济的水沙分离新技术。

新疆农业大学水利与土木工程学院水力学教研室课题组发明了一种新型水沙分离装置——垂向异重流式水沙分离鳃(以下简称“分离鳃”,专利号:200620137372.X),该装置可高效率、低能耗、绿色无污染地预处理细颗粒泥沙。朱超等^[1-3]对分离鳃的水沙分离机理进行了初步探讨,并对其结构进行了优化;邱秀云等^[4-5]指出分离鳃中的鳃片间距对水

基金项目:国家自然科学基金(50969009);新疆水利水电工程重点学科基金(xjslgczdxk20101202);高等学校博士学科点专项(20070758003)

作者简介:陶洪飞(1987—),男,四川南充人,博士研究生,主要从事水工水力学和河流工程泥沙研究。E-mail:304276290@qq.com

沙分离效果有影响,但未对其原因进行理论分析。本文进一步研究分离鳃中的鳃片间距对水沙分离效果的影响,并运用浅层沉淀理论进行分析,同时明确在实际应用中鳃片间距取 10 cm 时泥沙沉降速度大且制作分离鳃较经济,为分离鳃的推广应用提供可靠的理论依据。

1 试验装置、材料及仪器

垂向异重流式水沙分离鳃结构示意图见文献[6]。本次试验制作了 7 个不同鳃片间距的分离鳃和 1 个与分离鳃外轮廓尺寸相同的无鳃片普通管。分离鳃的外轮廓尺寸如下:长 $a = 17.5\text{ cm}$,宽 $b = 4\text{ cm}$,高 $c = 100\text{ cm}$,鳃片间距 d 分别取 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、25 cm、30 cm 和 35 cm;采用前期试验优化的角度: $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 45^\circ$;鳃片与宽度方向的两侧壁之间各留 1 cm 宽的通道。

因分离鳃主要处理含有粉粒和黏粒的浑水,所以试验选用新疆乌鲁木齐鲤鱼山的天然黄土作为模型沙,其颗粒级配如下:颗粒粒径大于 0.075 mm 的占 6.8%,小于 0.05 mm 的占 84.7%,其中值粒径 D_{50} 为 0.019 mm,小于 0.01 mm 的占 30.3%,小于 0.005 mm 的占 16.4%。

试验所用仪器主要包括电子天平、电热恒温箱、500 mL 锥形瓶、玻璃烧杯、秒表、温度计、大白桶、小红桶、刻度尺及数码照相机。

2 试验步骤及量测方法

试验选取 4 组不同含沙量的浑水进行试验,各组含沙量分别为 120 kg/m^3 、 80 kg/m^3 、 40 kg/m^3 和 20 kg/m^3 ,按含沙量由大到小的顺序分别进行试验。将一定质量的模型沙和清水倒入大白桶中,充分搅拌均匀后取样测量,并计算出浑水的含沙量。当含沙量满足试验要求时,将搅拌均匀的浑水注入置于试验台上的分离鳃和普通管中,利用秒表和刻度尺记录浑液面下降的时间和位置,并利用数码相机拍摄试验现象,待泥沙基本沉降完毕后停止观察和记录。

为缩短试验周期并准确地量测、计算浑水的含沙量,试验采用置换法原理得到浑水的泥沙含量。试验采用口径为 3.5 cm、容积为 500 mL 的小口硬质透明玻璃锥形瓶,克服了比重瓶容积小、瓶口小、注入浑水误差大及无法直接采样的困难。锥形瓶的容积经过严格率定,在实验室温度变化为 $1 \sim 5^\circ\text{C}$ 的情况下,用精度为 0.01 g 的电子天平对所取的试样进行称重和计算,得出浑水的含沙量,与烘干法实测出的含沙量相比误差不超过 3.5%,满足试验精度要求。

3 鳃片间距

鳃片间距越小,分离鳃中的泥沙颗粒沉降速度和清水上升速度也就越大,即分离鳃的沉淀效率和处理负荷的能力也就越高,但制作分离鳃的成本也相应大幅提高,同时因鳃片间距较小,制作工艺要求较高;鳃片间距越大,制作分离鳃的成本就越低,制作工艺要求也降低,但水沙分离效果差,泥沙颗粒沉降速度变小,得到清水的时间变长。综上所述,分离鳃间距应存在一个合理的取值,既能保证适中的泥沙下沉速度和清水上升速度又不至于使制作分离鳃的成本太高,同时也便于分离鳃的制作。

4 试验现象

对 4 组不同含沙量的浑水进行试验观察,泥沙沉降现象基本相同。本文只列出了含沙量为 120 kg/m^3 的浑水在不同分离鳃及普通管中的泥沙沉降规律。

在普通管中泥沙沉降时都会出现浑液面,但浑水的含沙量不同,出现浑液面所需要的时间也不同,含沙量越大,出现浑液面的时间越短,并且越清晰。在分离鳃中泥沙沉降时则没有明显的浑液面(尤其是含沙量为 40 kg/m^3 、 20 kg/m^3 的浑水),而是上层浑水逐渐由浑变淡。分离鳃中存在横向和垂向异重流现象,即泥沙沉降到鳃片后汇集成泥浆流,沿着鳃片的上表面由高端流动至低端的三角形泥沙通道里,而清水流则沿着鳃片的下表面由低端流动至高端的三角形清水通道里,泥浆流与清水流在鳃片间形成一个顺时针方向的横向环流;当各鳃片低端的泥浆流滑落至泥沙通道时便一起垂直向下运动,而各鳃片的高端清水则在清水通道中以清水流的形式垂直向上运动,从而形成顺时针的垂向异重流,如图 1(a)(b)所示。泥沙沉降到分离鳃底部后,能明显地看到各鳃片间下沉的泥沙呈阶梯状分布,且含沙量越高,此现象越明显,但在泥沙沉降末期,泥沙会趋于同一水平面,如图 1(c)所示。图 2 表示在相同试验条件下不同鳃片间距的分离鳃与普通管的泥沙沉降对比,从图 2 可知浑液面呈台阶状,分离鳃的清水层厚度(浑液面至自由液面距离)大于普通管

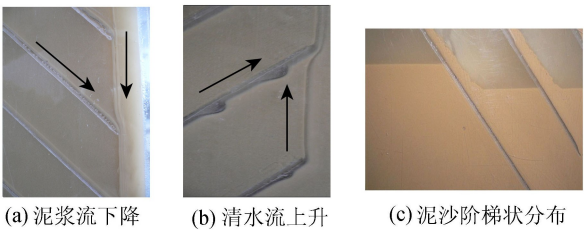


图 1 泥沙沉降现象

的。鳃片间距越小,清水层厚度越大(如 $d=5\text{ cm}$ 、 10 cm 、 15 cm 的分离鳃);但随着鳃片间距的增大,清水层厚度相差不大(如 $d=20\text{ cm}$ 、 25 cm 、 30 cm 、 35 cm 的分离鳃),这说明对于加速泥沙沉降鳃片间距存在一个最优范围。

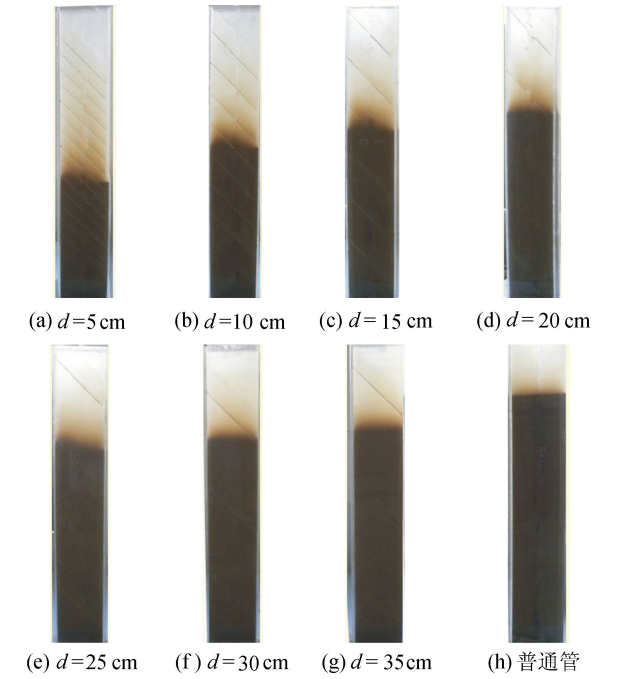


图2 不同鳃片间距的分离鳃与普通管的泥沙沉降对比

5 试验结果与理论分析

5.1 试验结果

表1 为不同鳃片间距的分离鳃与普通管在不同清水层厚度时的泥沙沉降时间。由表1 可以看出,清水层厚度为 5 cm 时,不同鳃片间距的分离鳃与普通管的泥沙沉降时间相差不大,说明此时分离鳃中的鳃片未起作用。当清水层厚度大于 5 cm 时,分离

表1 不同鳃片间距的分离鳃与普通管在不同清水层厚度时的泥沙沉降时间

清水层 厚度/ cm	泥沙沉降时间/min							
	$d=$ 5 cm	$d=$ 10 cm	$d=$ 15 cm	$d=$ 20 cm	$d=$ 25 cm	$d=$ 30 cm	$d=$ 35 cm	普通管
5	7	7	5	9	7	7	6	11
10	10	10	12	14	14	13	14	20
15	13	16	17	19	20	18	21	29
20	16	20	21	25	25	25	29	39
25	19	24	27	30	30	32	36	49
30	22	28	31	37	35	39	43	59
35	24	32	35	42	43	45	48	69
40	27	35	41	48	50	54	55	80
45	30	42	49	55	58	59	64	92
50	33	48	57	65	67	70	76	105
55	38	58	68	77	79	84	93	123
60	48	69	83	90	97	102	113	140
65	61	81	98	103	115	120	134	158

鳃的泥沙沉降时间明显比普通管的短,并且呈现鳃片间距越小、泥沙沉降时间就越短的特征,如清水层厚度为 65 cm 时,鳃片间距为 5 cm 的分离鳃的泥沙沉降时间仅为 61 min ,而鳃片间距为 $10\sim35\text{ cm}$ 的分离鳃的泥沙沉降时间比前者分别多用 $21\sim73\text{ min}$,这说明鳃片间距为 5 cm 时水沙分离效果最好。

图3 表示在分离鳃中清水层厚度为 65 cm 时鳃片间距与泥沙沉降速度、鳃片实际面积的关系。表2 为不同鳃片间距分离鳃的面积对比(普通管的沉淀面积为 70 cm^2)。由图3 及表2 可知,鳃片间距越小,则分离鳃中单位高度的鳃片数越多,鳃片的实际面积也越大,制作分离鳃的成本也越高;但分离鳃的沉淀面积变大,泥沙的沉降速度也就增大。

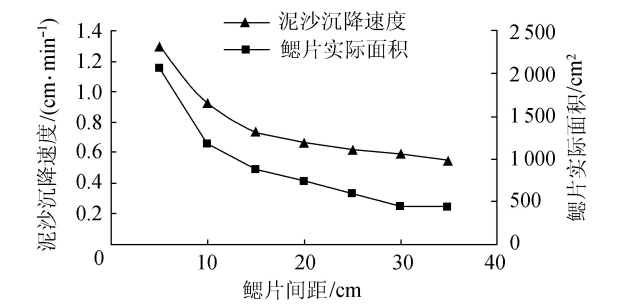


图3 鳃片间距与泥沙沉降速度、鳃片实际面积的关系

表2 不同鳃片间距分离鳃的面积对比

鳃片间距 d/cm	鳃片数	分离鳃的沉淀 面积/ cm^2	鳃片的实际 面积/ cm^2
5	14	994	2066.12
10	8	598	1180.64
15	6	466	885.48
20	5	400	737.90
25	4	334	590.32
30	3	268	442.74
35	3	268	442.74

鳃片间距为 $5\sim15\text{ cm}$ 时,泥沙沉降速度与鳃片的实际面积都随鳃片间距的增大而迅速减小,两条曲线在该范围的斜率很大,说明此范围的鳃片间距对分离鳃的水沙分离特性影响较大,泥沙沉降速度由 1.3 cm/s 减至 0.74 cm/s ,鳃片的实际面积也由 2066.12 cm^2 减至 885.48 cm^2 ;当鳃片间距为 $15\sim30\text{ cm}$ 时,由于分离鳃中单位高度的鳃片数减少,因此泥沙沉降速度与鳃片的实际面积减小,两条曲线在该范围的斜率很小,几乎为一条水平直线,泥沙的沉降速度变化不大,由 0.74 cm/s 减至 0.59 cm/s ,同时鳃片的实际面积变化也不大,由 885.48 cm^2 减至 442.74 cm^2 ,说明此范围的鳃片间距对分离鳃的沉淀效率影响不大;当间距为 $30\sim35\text{ cm}$ 时,因鳃片数一样,所以鳃片的实际面积一样,在图3 中该范围为直线段,泥沙沉降速度随鳃片间距的增大而缓慢减小,由 0.59 cm/s 减至 0.55 cm/s ,鳃片间距对分离鳃

的水沙分离效果几乎无影响。在相同试验条件下计算出普通管的泥沙沉降速度为 0.4 cm/s,而不同鳃片间距分离鳃的泥沙沉降速度则为普通管的 1.4 ~ 3.25 倍,说明分离鳃的水沙分离效果好于普通管的。

综上所述,5 ~ 15 cm 的鳃片间距对清水层厚度和泥沙沉速影响较大,而 15 ~ 35 cm 的鳃片间距对清水层厚度和泥沙沉速影响不大,故鳃片间距应在 5 ~ 15 cm 范围内选取,同时考虑制作分离鳃的工艺难易程度和经济性等因素,笔者认为取 10 cm 较合适,相对于 15 cm 而言,该鳃片间距可以保证泥沙颗粒有较快的平均沉降速度(0.92 cm/s),且鳃片的实际面积为 1 180.64 cm²,较为适中;相对于 5 cm 而言,该鳃片间距有一定的空间,便于鳃片的安装和成套制作。故分离鳃在实际应用中,鳃片间距可取 10 cm。

5.2 理论分析

浑水中的细颗粒泥沙在沉降过程中,颗粒间会相互自然絮凝,形成网状泥沙群体,因此泥沙颗粒是以群体形式下沉的,在沉降过程中会形成一个清水和浑水间的交界面,即浑液面。通过测量浑液面的下沉过程,可得浑水的静止沉降曲线,其一般分为絮凝加速沉降阶段、等速沉降阶段、过渡阶段和压缩阶段^[7-8]。浑液面最初具有加速下沉的特征,因浑水中含有细颗粒泥沙,颗粒连接成絮团,此时重力大于阻力,絮团会在重力作用下加速下沉,此时絮团下沉速度远大于单颗粒泥沙的沉降速度。随着泥沙沉降速度的增大,浑水对泥沙群体的阻力亦随之增大,经过一段时间后,泥沙群体受到的重力和水流的阻力相等,此时泥沙沉降进入到等速沉降阶段。浑液面下沉至某一深度时,由于含沙量继续增大,絮团与絮团之间形成一个连续的刚性空间结构网,此时已进入过渡阶段和压缩阶段,泥沙的沉降速度大幅减小。

试验中普通管的泥沙沉降规律基本与浑液面下沉过程相一致。而分离鳃由于有鳃片的存在,使得泥沙在分离鳃中的沉降规律有所不同。分离鳃中的泥沙沉降曲线可以分为加速下沉阶段、减速阶段^[9-10]和无等速沉降阶段。分离鳃被鳃片分割成一个个独立沉降的小单元,所以群体泥沙沉降的距离缩短,鳃片数越多,鳃片间距就越小,沉降距离就越短,在群体泥沙沉降的初期及中期,群体泥沙在鳃片间沉降时还未达到重力和水流的阻力平衡,便已经落入到下一个鳃片上继续加速下沉,使得泥沙颗粒始终处于加速沉降过程,不存在等速沉降阶段,相对普通管而言加速沉降阶段更长,泥沙会更快地从浑水中分离,同时分离鳃内部存在的垂向和横向异重流对泥沙沉降也具有加速作用,因此分离鳃的水沙分离性能要好于普通管的,并且不同间距的分离鳃

遵循鳃片间距越小、泥沙沉降速度越大、清水层厚度越大、水沙分离性能越好的特点。在泥沙沉降的后期(浑液面下沉至某一深度时),由于含沙量继续增大,泥沙沉降速度开始减小,即所谓的减速阶段,与普通管的过渡阶段和压缩阶段相似。

由浅层沉淀理论可知,沉淀效率是沉淀面积的函数,沉淀面积越大,沉淀效率越高^[11-14]。分离鳃中加入了等间距的鳃片(充分利用了分离鳃的空间高度),鳃片的水平投影面积就是分离鳃所增加的沉淀面积,因此提高了沉淀效率及水沙分离能力。在普通管中加入鳃片后,鳃片加大了过水断面的湿周,减小了水力半径,在相同流速下,降低了雷诺数,提高了弗劳德数,从而改善了水力条件,即提高了水流的稳定性,减小了水的紊动,使得泥沙沉降在层流环境下进行,促进了沉淀,同时减小了进水水质变化、温度变化等因素的影响,使水沙更容易分离。增设鳃片后的分离鳃被划分为一个个独立的沉降区域,沉降区域由原来的分离鳃高度缩短为两相邻鳃片的垂直距离,因此缩短了沉淀时间,加大了泥沙的沉降速度。由表 2 可知普通管的沉淀面积仅为 70 cm²,而其他不同间距分离鳃的沉淀面积远大于普通管的沉淀面积,所以不同鳃片间距分离鳃的水沙分离性能好于普通管的,其表现为清水层的厚度和泥沙的平均沉降速度都大于普通管的。分离鳃因鳃片间距不同,所以鳃片数量也不同,因此分离鳃的沉淀面积也不同,鳃片间距越小,鳃片的数量就越多,分离鳃的沉淀面积越大,沉淀效率也就越高,清水层的厚度也越大,泥沙沉降速度就越大,此时鳃片的实际面积也越大,分离鳃的造价也就越高。

6 结 语

本文对不同鳃片间距的分离鳃与普通管进行静水沉降试验,并对试验结果进行分析。试验结果表明分离鳃的水沙分离效果好于普通管的,不同鳃片间距的分离鳃泥沙平均沉降速度为普通管的 1.4 ~ 3.25 倍。5 ~ 15 cm 的鳃片间距对清水层厚度和泥沙沉降速度影响较大,故鳃片间距应从该范围中选取,考虑水沙分离效果、制作分离鳃的经济性及制作工艺难易程度等因素,分离鳃中的鳃片间距以 10 cm 为宜。鳃片间距是分离鳃结构优化的一个关键参数,本文通过试验明确了分离鳃应用于实际工程中的最优鳃片间距,为分离鳃处理高浊度且含极细沙水上提供了理论依据。

参考文献:

[1] 朱超,邱秀云,严跃成.垂向异重流式水沙分离鳃水沙

分离机理浅析[J]. 水利水电科技进展,2009,29(5): 20-2(ZHU Chao,QIU Xiuyun,YAN Yaocheng. Analysis of mechanism of vertical-component density flow water-sediment separation device[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2009,29(5):20-23. (in Chinese))

[2] 朱超,邱秀云,刘艳. 垂向异重流式水沙分离鳃片型式对水沙分离的影响研究[J]. 新疆农业大学学报,2008,31(6):72-75. (ZHU Chao,QIU Xiuyun,LIU Yan. Effects of gill-piece pattern of vertical-component density flow water-sediment separation device on water sand separation[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University,2008,31(6):72-75. (in Chinese))

[3] 严跃成,邱秀云,张翔,等. 两相流分离鳃泥沙运动轨迹及加速滑移的力学分析[J]. 水利水电科技进展,2011,31(5):27-29. (YAN Yaocheng,QIU Xiuyun,ZHANG Xiang,et al. Mechanical analysis of sediment motion path and accelerated slip on two-phase flow separation device [J].Advances in Science and Technology of Water Resources,2011,31(5):27-29. (in Chinese))

[4] 邱秀云,龚守远,严跃成,等. 一种新型水沙分离装置的研究[J]. 新疆农业大学学报,2007,30(1):68-70. (QIU Xiuyun,GONG Shouyuan,YAN Yaocheng,et al. The research on a new separator device for water-sediment [J]. Journal of Xinjiang Agricultural University,2007,30(1):68-70. (in Chinese))

[5] 朱超,龚守华,邱秀云,等. 垂向异重流式水沙分离鳃片间距对水沙分离的影响研究[J]. 新疆农业大学学报,2009,32(2):78-81. (ZHU Chao,GONG Shouyuan,QIU Xiuyun,et al. Effects of spacing of gill-piece in vertical-component density flow water-sediment separation device on water sand separation[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University,2009,32(2):78-81. (in Chinese))

[6] 陶洪飞,邱秀云,徐志宗,等. 敞开式分离鳃沉淀池试验[J]. 水利水电科技进展,2012,32(5):24-28. (TAO Hongfei,QIU Xiuyun,XU Zhizong,et al. An experiment of separation device in open sedimentation tank [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2012,32(5):24-28. (in Chinese))

[7] 上海市政工程设计研究院. 给水排水设计手册[M]. 北京:中国建筑出版社,2004:518-546.

[8] 武道吉. 高浊度水干扰沉降液面沉速的计算[J]. 山东建筑工程学院学报,1992,11(4):53-57. (WU Daoji. Calculating the interface setting velocity of high turbid water [J]. Journal of Shandong Agricultural and Civil Engineering Institute. 1992,11(4):53-57. (in Chinese))

[9] 朱超. 水沙分离鳃结构优化及分离机理试验研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2009.

[10] 张翔. 两相流分离鳃的泥沙沉降特性及集成试验研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学,2010.

[11] BANDROWSKI J, HEHLMANN J, MERTA H, et al. Studies of sedimentation in settlers with packing [J]. Chem Eng Process,1997,36(3):219-229.

[12] 丁恒如,吴春华,龚云峰. 工业用水处理工程[M]. 北京:清华大学出版社,2005.

[13] 高廷耀,顾国维,周琪. 水污染控制工程[M]. 北京:高等教育出版社,2007.

[14] 唐受印,戴友芝. 水处理工程师手册[M]. 北京:化学工业出版社,2000.

(收稿日期:2012-08-07 编辑:周红梅)

· 简讯 ·

中国大坝协会 2013 学术年会暨第 3 届堆石坝国际研讨会将在昆明召开

为了促进水电开发与水库大坝建设技术的进步,推动国际学术交流与合作,由中国大坝协会、中国水力发电工程学会主办,华能澜沧江水电有限公司、中国水电顾问集团昆明勘测设计研究院等承办的中国大坝协会 2013 学术年会暨第 3 届堆石坝国际研讨会将于 2013 年 10 月 25—27 日在云南省昆明市召开。

中国大坝协会 2013 学术年会的主要议题包括:①水电与大坝可持续发展;②高坝的设计和施工;③大坝安全评估与加固技术;④水利水电工程环境保护论坛;⑤促进非洲水电可持续发展论坛。

第 3 届堆石坝国际研讨会的主要议题包括:①堆石坝的历史、发展、案例和经验;②堆石坝的设计和施工材料和方法;③堆石坝的运行、维护和安全监测;④超高混凝土面板堆石坝和心墙堆石坝(坝高 200 m 以上);⑤堆石坝的抗震安全。

会议将选取优秀的论文正式出版,另印刷摘要文集和制作全文光盘文集。会议有关事项可浏览网站 <http://www.hydropower.org.cn/info/shownews.asp?newsid=9222>。

(本刊编辑部供稿)