

MAXFLOW 叶轮在密度沉淀池工艺上的应用

同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室 张 博, 高乃云
美国凯米尼尔公司上海代表处 谢苗苗

摘 要 对 MAXFLOW 叶轮在配置导流筒和未配置导流筒两种状态下的高密度沉淀池进行了试验模拟, 按 10:1 的比例建立了实验装置, 并进行了不同转速条件下功率准数的测试和计算。试验结果表明: 配置导流筒和未配置导流筒的反应扭矩和转动频率平方值均呈现良好的线性关系, R^2 值达到 0.999。两种情况下的功率准数基本不随雷诺数的不同而变化。MAXFLOW 叶轮在配置导流筒情况下的功率准数为 0.707, 比未配置导流筒下降了 14%。在国内某水厂絮凝池的应用中, 配置导流筒情况下搅拌机的额定功率比标准设计状态下节省了 32%。

关键词: MAXFLOW 叶轮 高密度沉淀池 絮凝搅拌机 导流筒

0 引 言

机械混合搅拌机或絮凝搅拌机作为核心设备对于普通沉淀池、高密度澄清池和中置式高密度沉淀池 (Smedi I 型高效沉淀池) 的处理效果起着至关重要的作用, 尤其是配合导流筒应用的絮凝搅拌机。凯米尼尔公司英国工厂向上海威立雅水务公司提供了 3 台 (Actiflo 高密度澄清池) 用于导流筒内的絮凝搅拌机。所有机械絮凝搅拌机的主要设计依据, 是基于获得 10 倍进水流量的排液量。池体几何尺寸是确定的, 通过变频器调节搅拌机的输出转速和使用确定的叶轮直径, 来获得适合于具体工况的排液量。搅拌机的功率消耗数据至关重要, 直接影响运行成本。同时, 此类 Actiflo 高密度澄清池具有一定优势, 越来越多地应用于城市给水处理工艺中。因此, 确定 MAXFLOW 叶轮在导流筒中应用参数的变化, 即功率准数 N_p 和排液准数 N_q 的分析测定工作更显重要。

1 试验装置与方法

1.1 试验装置

对于高密度澄清池和中置式高密度沉淀池工艺的絮凝区, 凯米尼尔公司一直采用 MAXFLOW W 系列 (4 叶片) 和 Y 系列 (3 叶片)

叶轮配合在导流筒中的应用, 以获得所需排液量。MAXFLOW W 叶轮 (下称 MW 4) 由于其出众的大排液能力, 在导流筒中占据了较多的应用场合, 但是 MW 4 在导流筒中的功率准数 N_p 和排液准数 N_q 的变化一直不能确定。基于由实验室比例缩小的搅拌系统所获得的准确数据, 如功率准数、排液准数等可以提高将来方案设计时的可靠性。MW 4 叶轮结构见图 1, 导流筒及配合导流筒的叶轮结构见图 2、图 3。



图 1 MAXFLOW W 叶轮外型图

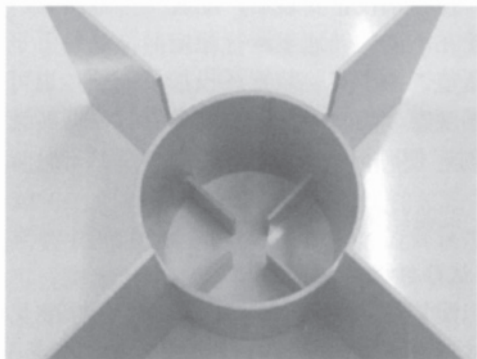


图2 实验用导流筒结构图

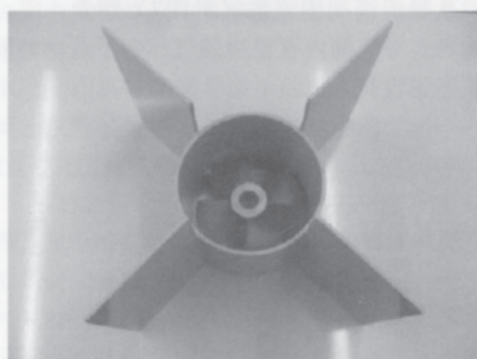


图3 实验用配合叶轮导流筒结构图

根据已经投入商业应用的项目案例,按照10:1的比例对实际运行池体进行缩小,建立实验模型。实际运行的池体为方形,用平面挡板布置,而该实验只能在一个圆柱形池体内进行,池体四周用弧形挡板布置。实际运行池体示意图见图4,配置导流筒和未配置导流筒的实验装置分别见图5、图6;实验装置与实际运行池体的尺寸对照见表1^[4]。

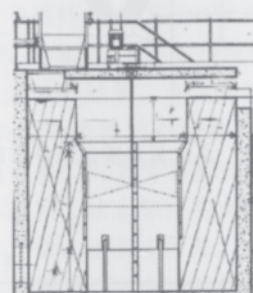


图4 实际运行池体示意图



图5 配置导流筒和挡板实验装置图



图6 实验用导流筒配合叶轮结构图

表1 实验装置和实际运行池体尺寸对照表

参数	实际运行值	实验拟采用的值
叶轮直径 (mm)	2 035	203
导流筒直径 (mm)	2 200	220
池体长宽尺寸 (mm)	5 000×5 000	直径 610
池体截面积 TA (m ²)	25	0.292
导流筒区域截面积 DTA (m ²)	3.8	0.038
池体与导流筒面积比 TA / DTA	6.5	7.54
液位高度 (mm)	4 000	450

从导流筒周围流态（见图7）察看：混合较均匀，导流筒内有很少的气体向下运动，同时流态也没有分流。

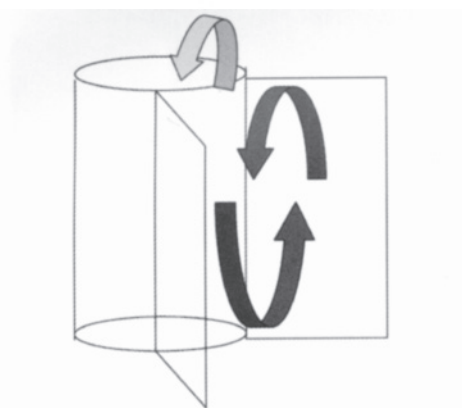


图7 导流筒周围流态分布图

1.2 试验方法

搅拌轴校正安装后，配置一个电压表，当叶轮在不同的转速下运行稳定后，记录下平均电压值。由于实验装置还投加了细砂，也可以根据观察，当水中细砂刚刚悬浮时，即转速达 N_{js} 时，便可记录下电压值。

2 试验结果与讨论

2.1 试验数据记录

配置导流筒和未配置导流筒（标准几何尺寸情况下）的实验数据记录见表2和表3。设计时认定 MW 4 叶轮的排液准数为 0.585，而英国工程师 Julian Fasano 研究的结果是导流筒内排液准数为 0.637；来自法国 The original Lab work 实验室 Anjou Rechershhe 工程师的实验测定发现，在导流筒内排液能力可提高 20%，这与英国工程师 Julian Fasano 的研究结果相一致。

表2 配置导流筒搅拌机实验数据

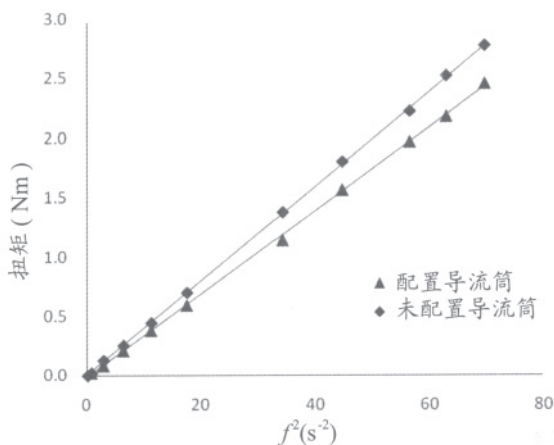
转速 (r/min)	测量电压值 (mV)	$f(s^{-1})$	$f^2(s^{-2})$	雷诺数 Re	反应扭矩 (Nm)	叶轮功率准数 K_N
0	0.811	0	0	0	0	0
50	0.810	0.833 33	0.694 44	33 000.83	0.021 14	
100	0.807	1.666 67	2.777 78	66 001.67	0.084 57	
150	0.801	2.500 00	6.250 00	99 002.50	0.211 42	0.681 04
200	0.793	3.333 33	11.111 11	132 003.30	0.380 55	0.689 55
250	0.783	4.166 67	17.361 11	165 004.20	0.591 97	0.686 48
350	0.757	5.833 33	34.027 78	231 005.80	1.141 65	0.675 48
400	0.737	6.666 67	44.444 44	264 006.70	1.564 48	0.708 71
450	0.718	7.500 00	56.250 00	297 007.50	1.966 17	0.703 74
475	0.708	7.916 67	62.673 61	313 507.90	2.1775 0	0.699 93
500	0.695	8.333 33	69.444 44	330 008.30	2.452 43	0.711 07
叶轮功率准数平均值						0.707 00

表3 未配置导流筒搅拌机实验数据

转速 (r/min)	测量电压值 (mV)	$f(s^{-1})$	$f^2(s^{-2})$	雷诺数 Re	反应扭矩 (Nm)	叶轮功率准数 K_N
0	0.808	0.000 00	0.000 00	0.0	0.000 00	0.000 00
50	0.807	0.833 33	0.694 44	33 000.8	0.021 14	
100	0.802	1.666 67	2.777 78	66 001.7	0.126 85	
150	0.796	2.500 00	6.250 00	99 002.5	0.253 70	0.817 25
200	0.787	3.333 33	11.111 11	132 003.3	0.443 98	0.804 48
250	0.775	4.166 67	17.361 11	165 004.2	0.697 67	0.809 08
350	0.743	5.833 33	34.027 78	231 005.8	1.374 21	0.813 08
400	0.723	6.666 67	44.444 44	264 006.7	1.797 04	0.814 06
450	0.703	7.500 00	56.250 00	297 007.5	2.219 87	0.794 55
475	0.689	7.916 67	62.673 61	313 507.9	2.515 86	0.808 19
500	0.677	8.333 33	69.444 44	330 008.3	2.769 56	0.802 95
叶轮功率准数平均值						0.803 00

2.2 扭矩与转速

以搅拌机的转动频率平方值 $f^2(\text{s}^{-2})$ 为横坐标, 反应扭矩 (Nm) 为纵坐标, 分别作配置导流筒和未配置导流筒两种情况下的扭矩和转速关系曲线, 结果如图 8 所示。由图可见, 反应扭矩和转动频率平方值呈现良好的线性关系, 相关系数 R^2 值达到 0.999。未配置导流筒情况下的直线斜率大于配置导流筒时, 说明转速一定时未配置导流筒的反应装置产生的扭矩更大。



注: 经计算机软件进行曲线拟合得到:

配置导流筒—— $y=0.039x+0.004$, $R^2=0.999$

未配置导流筒—— $y=0.035x-0.014$, $R^2=0.999$

其中: y ——扭矩 (Nm); x —— N^2 ;

R^2 ——相关系数, 越接近 1 越好。

图 8 配置导流筒和未配置导流筒的扭矩与转速关系图

2.3 功率准数与雷诺数

以雷诺数 Re 为横坐标, 功率准数 K_N 为纵坐标, 分别作配置导流筒和未配置导流筒两种情况下的雷诺数和功率准数关系曲线, 结果如图 9 所示。其中功率准数 N_p 可利用下式确定^[5]:

$$N_p = \frac{N}{\rho n^3 d^3}$$

式中: N ——搅拌机功率, W;

ρ ——介质密度, kg/cm^3 ;

d ——搅拌桨直径, m。

由图 9 可见, 功率准数和雷诺数的关系曲线呈现一条水平线, 说明功率准数基本不随雷诺数的变化而变化。郑峰^[5]的研究表明, 搅拌桨功率准数主要取决于雷诺数, 当离心雷诺数

大于 0.100 时, 功率准数保持不变, 即不随雷诺数变化而变化。未配置导流筒时, 搅拌机功率准数均高于配置导流筒的, 因此, 配置导流筒的试验装置能有效地减少功率消耗。

2.4 试验结果与应用

通过对比标准几何尺寸情况下和配置导流筒情况下的实验数据可以发现: MW 4 叶轮在标准几何尺寸情况下 (不配置导流筒), 功率准数为 0.803; MAXFLOW 叶轮在配置导流筒情况下, 功率准数为 0.707, 下降了 14%。基于以上实验结果, 建议以后设计如果采用 MAXFLOW 叶轮并配置导流筒, MAXFLOW 叶轮的功率准数可考虑 5% 的偏差系数, 取 0.742。

运用上述实验结果, 在国内某水厂高效沉淀池设计中采用两种功率准数作功率计算对比。表 4 是该水厂所采用的絮凝搅拌机选型, 其汇总了标准设计状态和使用实验结果设计状态下的设计参数。由表 4 可知, 标准设计状态和使用实验结果设计状态下的搅拌机额定功率分别为 2.2 kW 和 1.5 kW。可见使用实验结果设计状态下, 该反应池搅拌机的额定功率可节省约 32%, 而轴功率则比标准设计状态下降了 7.8%。可以看到, 搅拌机的轴功率消耗会有区别, 在额定电机功率选择上, 可选用小一档的电机功率, 且该絮凝搅拌机的设计运行多采用向下变频调速, 因此, 实际运行功率消耗会更低。

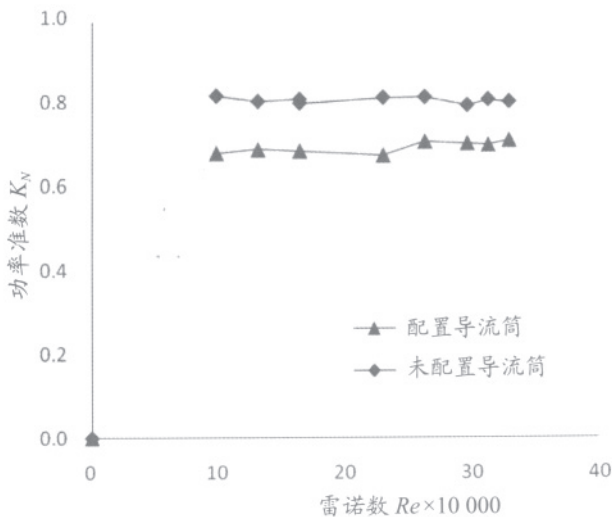


图 9 配置导流筒和未配置导流筒时功率准数和雷诺数关系图

表4 国内某水厂絮凝搅拌机选型最终结果汇总表

状态 名称	标准设计状态 絮凝反应池	使用实验结果设计状态 絮凝反应池
池体尺寸 LW (m)	4.4×4.4	4.4×4.4
池体高度 H (m)	4.65	4.65
液位高度 Z (m)	4.1	4.1
工作体积 (m ³)	79	79
单池处理流量 (m ³ /s)	0.212 5	0.212 5
停留时间 (s)	374	374
进水方向	下进上出	下进上出
池体当量直径 T (m)	4.966	4.966
Z / T	0.8	0.8
搅拌机输出转速 (r / min)	30	30
搅拌机距底高度 (m)	1.36	1.36
叶轮型式	MW 4	MW 4
叶轮层数	1	1
叶轮直径 D (mm)	1 594	1 594
D / T	0.3	0.3
轴功率 (kW)	1.03	0.95
搅拌机额定功率 (kW)	2.2	1.5
排液量计算 (m ³ /s)	1.18	1.29

3 结 论

① MAXFLOW 叶轮无论是配置导流筒或未配置导流筒, 反应扭矩和转动频率平方值均呈现良好的线性关系, R^2 值达到了 0.999; MAXFLOW 叶轮无论是配置导流筒或未配置导流筒, 功率准数基本不随雷诺数的变化而变化; 未配置导流筒时, 搅拌机的功率准数高于配置导流筒的。

② MAXFLOW 叶轮在配置导流筒情况

下, 功率准数为 0.707, 比未配置导流筒的下降了 14%。在国内某水厂絮凝池的应用中, 配置导流筒的搅拌机额定功率比标准设计状态下的节省了 32%。

参考文献

- [1] 许嘉炯, 芮旻. 新型中置式高密度沉淀池的开发与应用[J]. 给水排水. 2007, 33(2): 19-24.
- [2] 许嘉炯, 雷挺, 沈裘昌, 等. 嘉兴石臼漾水厂扩容工程的设计和调试运行[J]. 给水排水. 2006, 32(5): 1-5.
- [3] 戴婕, 陈伟, 张群, 等. Actiflo 澄清池及 Filtraflo TGV 锰砂滤池在给水厂中的应用[J]. 给水排水. 2008, 34(12): 7-11.
- [4] Rehman R. Thelwall Chemineer Research Actiflow Process. December 2007.
- [5] 郑峰. 罐式乳化机功率准数与离心雷诺准数关系的研究[J]. 爆破器材. 1995, 24(1): 6-9.

(收稿日期: 2011-12-28)



Abstracts of Main Contents

(2) Scheme on Balance Between Waterway and Road Public Transport to Congming

After opening Yangtze River Tunnel and Bridge to Congming, the imbalance between waterway and road public transport has occurred. The waterway passenger flow reducing but land's increasing sharply results a series of problems, such as significant loss of ferry business, increase of road passenger flow pressure and potential safety risk. From the developing orientation of Congming's waterway and road transport and the prediction of transport flow in this area, the paper puts forward a scheme on balance between waterway and road transport to Congming to meet the requirement of future balanced development of Congming's waterway and road public transport.

(6) Research on Fiscal Subsidy Scheme for Congming's Waterway Passenger Transport

Starting at meeting the demand of Congming's resident trip and bypassing Yangtze River Tunnel's car flow, the paper summarizes the real and potential necessity of ferry to Congming and puts forward common subsidy method based on this.

(18) Push Forward the Construction of Taxi Driver's Occupational Requirement System--Taking Shanghai for Example

Ma Jia

Unified taxi driver's occupational requirement system is gradually executed but citizens have prejudice against it. The concept and property of taxi driver's occupational requirement system should be clarified to return its original true face. Taking Shanghai for an example, the paper studies how to play full its roles so as to regularize taxi driver's occupational behavior.

(25) New Energy Vehicle in the Future -- Fuel Cell Bus

Chen Ming

The compositional principle, whole and driving system parameters and technical features of the Expo fuel cell bus are introduced and its current application and prospect are also analyzed.

(29) Ponderations over Drawing-Out Town Water Supply Specific Plan

He Zhijun

Combined with approval of special water-supply plan for some towns in northern areas, common issues existed in drawing out special water-supply plan are analyzed and several suggestions are put forward based on their practical situation.

(31) Utilization of Recycled Water and its Development in Tangshan City

Zhao Quanqi

By using the principle of "industry ahead of life, near ahead of far, large ahead of small, trial ahead of extension" recycled water utilization as guidance, on the basis of stable operation of sewage treatment plant and the quality of outlet water up to the standard, the reuse is extended to thermal power plant, steel plant or other large industrial consumer through organic combination of recycle of sewage with industrial, landscaping and plant irrigation.

(34) Application of MAXFLOW Impeller in High-Density Sedimentation Process

Zhang Bo *et al.*

Simulative high-density sedimentation was tested under two conditions: deploying MAXFLOW impeller with and without draft tube. The experimental device was established by 10:1 of actual tank sizes, and standard power data deferring with different initial rotation speed was tested and calculated. The result showed that there was a good linear relationship between the torque and the square of rotation frequency, with R^2 of 0.999. The standard power data did not change with the Reynolds number, and the value was 0.707 when deployed with draft tube, 14% lower than without draft tube. The application in certain domestic water plant showed that the tank deployed with draft tube reduced the rated power of mixer by 32%.

(39) Establishment of Integrated Management System for Gas Pipeline Inspection and Maintenance

Qiu Rong

The background, necessity, contents, characters, advantages and effects of the establishment of integrated management system for gas pipeline inspection and maintenance are separately introduced.

(44) Simple Analysis of Urban Gas Safety Management

Meng Tao

With increasing of urban gas utilization year by year, accidents in gas safety have being frequently happened, so it means that an attempt must be made to heighten gas safety management. Based on modern safety management theory, combined with practical situation, the paper probes how to do well urban gas safety management from aspects of safety theory, law and code, construction design and daily running etc.