

文章编号:1000-5730(2001)03-04-0036-04

扩张管嘴最佳几何参数的确定

魏明蓉¹ 唐友尧¹ 徐山源² 王松林¹ 王 斌¹

(1. 华中科技大学 环境科学与工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 武汉自来水公司, 湖北 武汉 430034)

摘要:采用正交试验的方法进行扩张管嘴试验, 并通过试验数据分析, 找出扩张管嘴的各项最佳几何参数。试验表明, 由各项最佳几何参数确定的扩张管嘴性能优良。

关键词:扩张管嘴; 正交试验; 最佳几何参数

中国分类号:TU991.35

文献标识码:A

目前水厂采用的排泥方式为机械排泥、斗式排泥和穿孔管排泥。穿孔管排泥装置构造简单、投资省且造价低, 在很多水厂都有应用。但由于其管理要求严格, 排泥起动难, 孔眼容易堵塞, 近年来使用渐呈减少趋势。为了改善穿孔管排泥情况, 1997年唐友尧教授课题组研究设计了扩张管嘴排泥管^[1], 即在普通穿孔管上焊接扩张管嘴。由于扩张管嘴的真空吸泥作用, 使流量系数增大, 排泥起动迅速且不易堵塞, 穿孔管排泥作用增强, 也改善了沉淀池内的积泥情况。但由于时间紧, 还未进一步优化, 本次试验研究的目的是找出扩张管嘴各项最佳几何参数, 得到性能最优的扩张管嘴, 以应用于中试及生产性实验中, 再在中试及生产性试验中继续优化整个扩张管嘴排泥管的其它参数以得到最佳排泥效果。

扩张管嘴的基本几何参数有扩散角 α , 扩散度 n , 扩张管嘴大端直径 d_2 。其余参数可据此计算, 其中扩张管嘴小端直径 $d_1 = d_2 / \sqrt{n}$; 扩张管嘴长度 $l = \{ \sqrt{n-1} / [2 \lg(\alpha/2) \sqrt{n}] \} \cdot d_2$ (图1)。

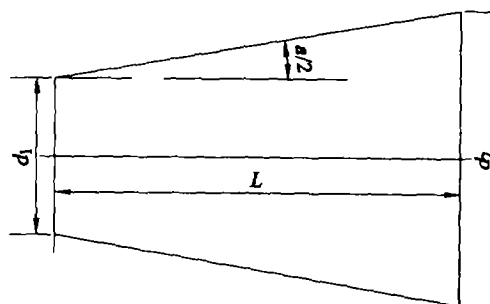


图1 扩张管嘴示意图

1 试验 1

1.1 试验设计

拟采用正交试验来确定扩张管嘴的各项几何参数值。正交试验有三个因素: 扩散角 α , 扩散度 n , 大端直径 d_2 , 各因素均采用三水平。

a. α 水平的确定。当扩散度 n 一定时, 渐扩管的摩擦损失随 α 值的增大而减少, 但扩散损

• 收稿日期: 2001-06-27.

作者简介: 魏明蓉(1976-), 女, 硕士研究生; 武汉, 华中科技大学环境科学与工程学院(430074)。

失却随之增大.因此渐扩管的总损失在某一 α 角时必有一极值.水头损失最小扩散角约在 $5^\circ \sim 8^\circ$ 范围内^[3];又根据原设计 α 值为 7° ,也在此范围内,本次试验模型 α 分别取 $5^\circ, 7^\circ$ 和 9° .

b. n 水平的确定.原设计 n 值取6,考虑到 n 值再大则扩张管嘴太长将在生产实际中失去了意义,故此处 n 值分别取2,4和6.

c. d_2 水平的确定.原设计 d_2 值取49 mm,参考实际孔径大小,考虑到孔径太小孔眼易堵塞,孔径太大穿孔管内流速太小易导致泥沙淤积,分别取 d_2 为40 mm,50 mm和60 mm.

1.2 实验设备及方法

如图2及图3,在 $800 \times 500 \times 600$ mm的塑料水箱上钻有1个 $\varphi 50$ 距水箱底200 mm的圆孔,此孔口为全部、完善收缩的薄壁孔口,扩张管嘴通过管箍和法兰固定置于水箱外,水箱上有2个 $\varphi 18$ 的溢流孔,分别距水箱底450 mm和550 mm,用来保持恒水头.水箱中放一水桶,用软管从水龙头取水引至水桶消能.水从扩张管嘴小端进入,大端出来.用秒表计时,实验室自制的刻度桶计量体积,其商即为流量.分别在两组水头下,每个管嘴做5次试验,取其平均流量,求得流量系数,两组水头的流量系数平均值即为试验数据.

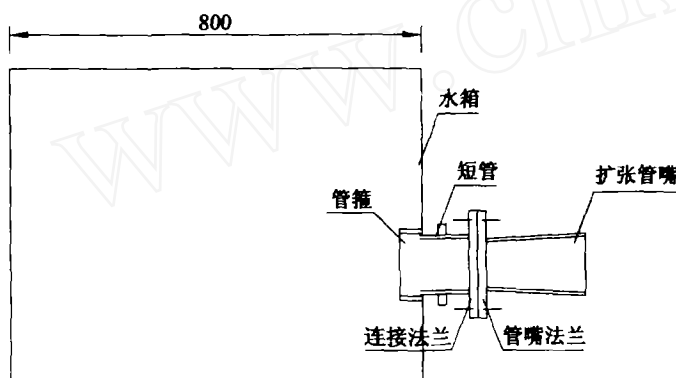


图2 试验装置图

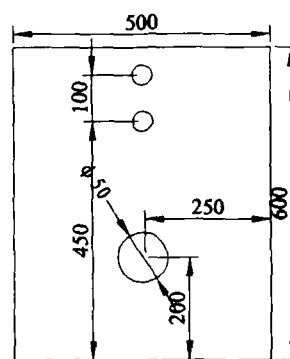


图3 水箱侧面图

1.3 试验分析

本试验为三因素三水平的正交试验,选用 $L_9(3^4)$ 的正交表,不考虑各因素间的交互作用,由此得表1.表中, $Y_i(\mu)$ 为扩张管嘴的流量系数试验值,其中 μ 为流量系数,小孔口的流量系数为0.62,大孔口为0.70,直管嘴为0.82; K_{jl} = 第 j 列中相应于水平 l 的 m 个试验结果之和, $l = 1, 2, 3$; $K = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^3 K_{jl}$; $P = \frac{1}{n} K^2$; $Q_1 = \frac{1}{m} \sum_{l=1}^3 K_{jl}^2$; $S_j = Q_j -$

表1 试验方案与结果分析表

处理号 (行号)	因 素				$Y_i(\mu)$
	α	n	d_2/mm	空列	
1	5°	2	40	1	1.910
2	5°	4	50	2	2.122
3	5°	6	60	3	2.096
4	7°	2	50	3	1.509
5	7°	4	60	1	1.332
6	7°	6	40	2	1.672
7	9°	2	60	2	0.776
8	9°	4	40	3	1.199
9	9°	6	50	1	1.032
K_{j1}	6.129	4.196	4.781	4.274	$K = 13.648$
K_{j2}	4.513	4.653	4.663	4.571	$P = 20.696$
K_{j3}	3.007	4.800	4.204	4.803	
Q_j	22.321	20.763	20.758	20.743	$Q = 22.496$
S_j	1.625	0.066	0.062	0.047	$S_T = 1.800$

$P; Q = \sum_{i=1}^3 Y_i^2; S_T = Q - P = \sum_j S_j$. 由表1进行方差分析,得表2.

表 2 方差分析表

方差	平方和	自由度	均方和	F 值	显著性
a	$SS_A = S_1 = 1.625$	$a - 1 = 2$	$MS_A = SS_A / (a - 1) = 0.812$	$F_A = MS_A / MS_e = 34.653$	显著
n	$SS_B = S_2 = 0.066$	$b - 1 = 2$	$MS_B = SS_B / (b - 1) = 0.033$	$F_B = MS_B / MS_e = 1.412$	不显著
d_2	$SS_C = S_3 = 0.062$	$c - 1 = 2$	$MS_C = SS_C / (c - 1) = 0.031$	$F_C = MS_C / MS_e = 1.320$	不显著
误差	$SS_e = S_4 = 0.047$	$n - 1 - (a - 1 + b - 1 + c - 1) = 2$	$MS_e = SS_e / 2 = 0.023$		
总和	$SS = ST = 1.800$	$n - 1 = 8$			

表 2 中 a, b 及 c 分别为扩散角 a , 扩散度 n 及大端直径 d_2 的水平数, 均为 3. 表中显著性一栏的含义是, 若在 $\alpha = 0.10$ 下检验结果为不拒绝原假设, 则可以认为该因子对所考察的指标无显著性影响. 此处查表得到的临界值 $F_{0.10}(2, 2) = 9.0$. 从方差分析表可看出, n 和 d_2 的作用不显著; a 的作用显著, 对 a 来说有 $K_{11} > K_{12} > K_{13}$, 因此较优的水平是 1, 即 $a = 5^\circ$.

表 3 试验方案与结果分析表

2 试验 2

根据试验 1 所得结论, 进行试验 2 予以验证并进一步找出更优值.

2.1 试验设计

由试验 1 显示, 扩散角 a 影响显著, 在 $5^\circ \sim 9^\circ$ 范围内角度越小效果越好, 故试验 2 分别选取 a 为 3° 及 4° 的扩张管嘴各 2 个, 小端直径分别选为 20 mm 和 25 mm, n 均

处理号 (行号)	因 素			$Y_i (\mu)$
	a	d_2/mm	空列	
1	3°	20	1	1.606
2	3°	25	2	1.342
3	4°	20	2	1.552
4	4°	25	1	1.428
K_{11}	2.948	3.158	3.034	5.928
K_{12}	2.98	2.770	2.894	8.785
Q_i	8.786	8.823	8.790	8.828
S_i	0.000 256	0.037 6	0.004 9	0.042 7

选为 2, 从中分析试验趋势. 试验设备及方法与试验 1 同.

2.2 试验分析

小扩散角管嘴数据分析列为表 3. 由表 4 看出, 试验 2 没有一项影响因素经过 F 检验证明是显著的, 即扩散角 a 在 $3^\circ \sim 4^\circ$ 间影响不

表 4 方差分析表

来源	平方和	自由度	均方和	F 值	显著性
因子 A	$SS_A = 0.000 256$	1	$MS_A = 0.000 256$	$F_A = 0.052 2$	不显著
因子 B	$SS_B = 0.037 6$	1	$MS_B = 0.037 6$	$F_B = 7.681$	不显著
误差	$SS_e = 0.004 9$	1	$MS_e = 0.004 9$		
总和	$SS = 0.042 8$	3			

显著, 4° 时流量系数稍大; 小端直径 d_1 在 $\varphi 20 \sim \varphi 25$ 间也不显著, $\varphi 20$ 流量系数稍大.

3 试验 3

由前面的试验 1 及试验 2 得: 因水由扩张管嘴小端进入, d_1 与 d_2 间只考虑 d_1 , 而 d_2 由计算求出, $d_1 = 20$ mm 左右较好; n 值大时稍好, 考虑到 n 太大则扩张管嘴过长, 且流量系数增加也不多, n 取 5 即可; a 在 $5^\circ \sim 9^\circ$ 间时, 5° 较好, a 在 $3^\circ \sim 4^\circ$ 间差别不大, 4° 时流量系数稍大. 因此, 在试验 3 中精确加工 $a = 4^\circ$ 及 $a = 5^\circ$ 的扩张管嘴各一个, 其它参数同, 扩散度 $n = 5$, 小端

直径 $d_1 = 20$ mm, 求得相应大端直径为 $d_2 = 45$ mm. $\alpha = 4^\circ$ 的扩张管嘴长 $L = 354$ mm, $\alpha = 5^\circ$ 的扩张管嘴长 $L = 283$ mm. 试验方法同试验 2, 试验得到 $\alpha = 4^\circ$ 的扩张管嘴 $Y_i(\mu) = 1.396$, $\alpha = 5^\circ$ 扩张管嘴 $Y_i(\mu) = 1.446$. 即 $\alpha = 5^\circ$ 比 $\alpha = 4^\circ$ 的扩张管嘴在同等条件下水力条件好, 且其长度短, 更实用.

表 5 试验数据表

序号	扩散角 α	扩散度 n	d_1/mm	$Y_i(\mu)$
1	4°	5	20	1.396
2	5°	5	20	1.446

4 试验结论

a. 小孔口理论流量系数 0.62, 大孔口理论流量系数最大值为 0.70, 厚进口边缘的外圆柱喷嘴及内圆柱喷嘴理论流量系数值均为 0.82. 从试验 1, 试验 2 及试验 3 的数据分析表中可看出, 所有试验的扩张管嘴流量系数均大于 0.70; 除了有一个扩散角为 9° 的扩张管嘴外, 其余扩张管嘴的流量系数均大于 0.82. 另外考虑到模型有制作误差, 实测值可能比理论值要小. 故可以得出结论: 扩张管嘴流量系数比孔口及直管嘴都要好.

b. 最后确定扩张管嘴各项几何参数最佳值: 扩散角 $\alpha = 5^\circ$, 扩散度 $n = 5$, 小端直径 $d_1 = 20$ mm, 求得相应大端直径为 $d_2 = 45$ mm, 扩张管嘴长 $L = 283$ mm.

参考文献:

- [1] 唐友尧等. 沉淀池扩张管嘴排泥装置的研制[J]. 中国给水排水, 2001, (4): 1-5.
- [2] 华绍曾, 杨学宁. 实用流体阻力手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.
- [3] 流体力学泵与风机(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985.
- [4] 项可风, 吴启光. 试验设计与数据分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1989.
- [5] 陈 魁. 试验设计与分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 1996.
- [6] 于 寅. 高等工程数学(第二版)[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1995.
- [7] 西南交通大学水力学教研室. 水力学(第三版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1983.

Experimental Research on Optimal Geometrical Parameter of Perforated Pipe

WEI Ming-rong¹ TANG You-yao¹ XU Shan-yuan² WANG Song-lin¹ WANG Bin¹

(1. College of Envir. & Sci., HUST, Wuhan 430074, China; 2. Water Supply Co., Wuhan 430034, China)

Abstract: Optimal geometrical parameter of expanded pipe are found out by means of orthogonal experiment and anlysis experimental data. The experiment shows that the expanded pipe selected is good.

Key words: expanded pipe; orthogonal experiment; optimal geometrical parameter