

# 垂直粘结矩形斜管沉淀技术的研究

④  
22-27

罗辉荣 郭士权 陈士才 袁斌 罗佳 刘荣光

TU991.23

(重庆建筑大学城市建设学院 400045)

**摘要** 提出了一种新颖的垂直粘结矩形斜管,其斜管体具有平整的顶面和底面。试验研究表明,它还具有好的沉淀性能、较大的经济效益和斜管全长均起着固液分离作用——起端不存在“由紊流变层流”的过渡段。

**关键词** 垂直粘结, 矩形斜管, 斜管沉淀 给水工程, 沉淀技术

中图分类号 TU991.23

## 1 垂直粘结矩形斜管的提出

当今采用的各种斜管,多是用塑料薄片“热轧”后,将一片一片的沿“水平方向”粘结组装成斜管体。这种沿“水平方向”粘结的斜管体,其顶面和底面成“锯齿状”是不平整的。在斜管安装和生产运行时,斜管体顶面和底面的“锯齿”容易发生弯曲、转角,这会阻挡水流通过斜管,特别是底面“锯齿”发生弯曲、转角时,还会阻止斜管内沉淀的下滑,从而影响斜管的沉淀效果,这是多年来在生产实践中出现的水平粘结组装斜管的一个重大缺陷。

为了克服上述重大缺陷,我们提出了一种新型斜管——垂直粘结矩形斜管。(如图1所示)。

该斜管是以塑料薄板为原材料,通过机器轧成“半矩形片”,再用粘结剂将半矩形片(沿垂直方向的面)彼此粘结组装成垂直粘结矩形斜管。由于片与片之间在粘结时,各片均处于同一高度上,因而斜管体的顶面与底面均是平整的,不会出现“弯曲”、“转角”的问题。

垂直粘结矩形斜管与国内广泛采用的蜂窝形斜管相比,还具有:其矩形断面有利于沉淀(特别是较粗杂质)的通过和“等距离沉降”的优点。

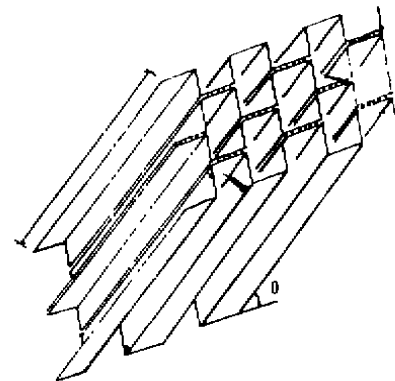


图1 垂直粘结矩形斜管轴侧图

## 2 矩形斜管的沉淀性能试验

为了更好地了解矩形斜管的沉淀性能,我们于1994年和1995年的两个洪水季节在重庆某水厂进行了小型试验,试验的目的是,优选矩形斜管的断面尺寸和探讨有关技术参数,

收稿日期:1996-11-13

罗辉荣,男,1936年生,教授

并对矩形和蜂窝形两种斜管的沉淀性能作对比试验。我们根据有关斜管断面参数，作了四种断面尺寸（即矩形 B36 H30、矩形 B40 H30、矩形 B50 H35 和蜂窝 Ø30）的斜管（见图 2），斜管长

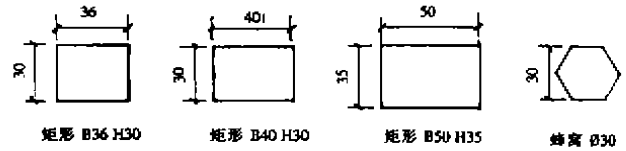


图 2 实验中所用斜管断面尺寸

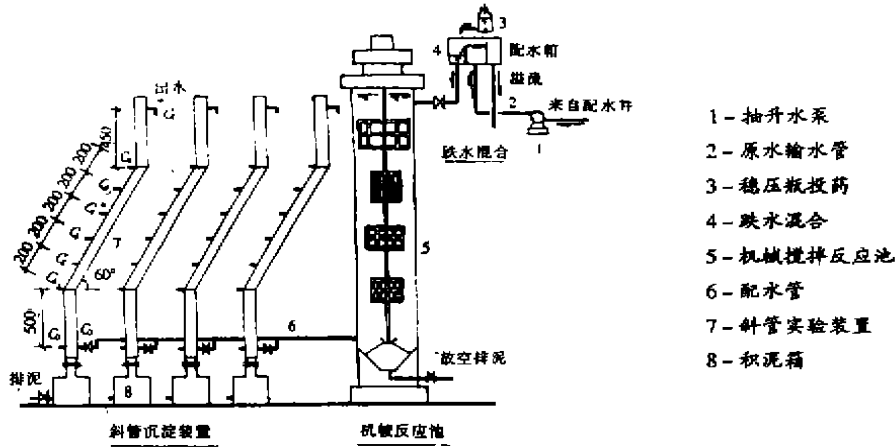


图 3 斜管沉淀试验装置及流程图

度均为 1 m，斜管倾角均为 60 度。试验期间，嘉陵江原水浊度为 10~1 900 度，pH 值为 7.4~7.6，水温为 20~30.6℃。斜管的液面负荷率为  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ， $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ， $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ，混凝剂为三氯化铁，实验装置如图 3 所示。试验测定项目：原水的浊度、水温和 pH 值，斜管的液面负荷率，投药量，出水浊度等。共取得实验数据约 5 千多个，经过数据处理，现将有代表性的数据列于表 1、表 2。根据实验数据，在不同液面负荷率情况下，以浊度去除率  $P$  为纵坐标，进水浊度  $C_0$  为横坐标作图，得到矩形斜管的浊度去除率曲线（见图 4）。

从表 1 可以看出，当原水浊度为 10~1 900 度，液面负荷率  $q$  为  $8 \sim 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  时，矩形 B40 H30 和矩形 B36 H30 两种斜管的出水浊度均可达到 10 度以下，说明矩形斜管的沉淀性能是

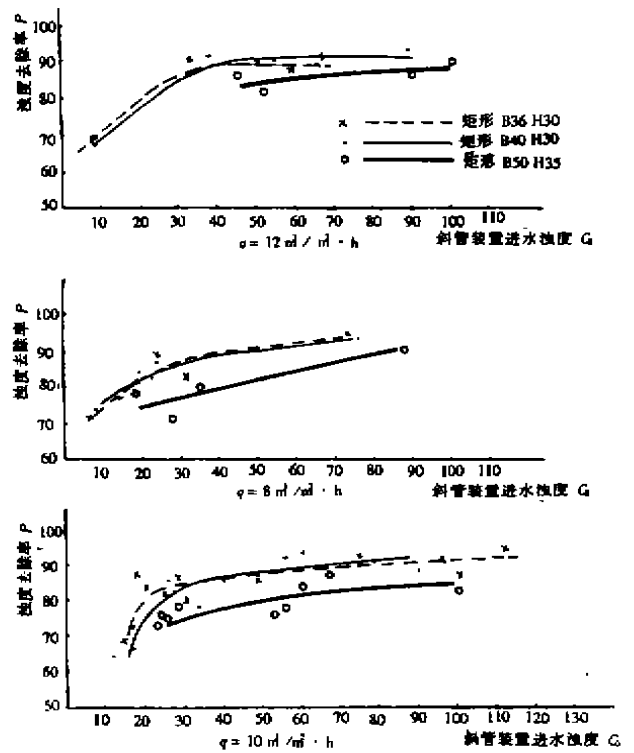


图 4 不同负荷不同规格矩形斜管浊度去除率曲线

好的。

从图 4 可以看出,不论在何种液面负荷下,矩形 B50 H35 斜管的浊度去除率  $P$  均低于矩形 B40 H30 和矩形 B36 H30。这是由于在三种规格的斜管中,矩形 B50 H35 单位体积的投影面积小,且管中水流的雷诺数  $R_e$  最大,弗劳德数  $F_r$  最小,从而导致沉淀效果较差。另外,矩形 B40 H30 和矩形 B36 H30 的浊度去除率相差较少,这是因为这两种斜管的断面高度  $H$  相等,且两者  $R_e$  相近的缘故。但矩形 B40 H30 的单体材料耗量只有矩形 B36 H30 的 93.75%,可见矩形 B40 H30 斜管的经济效益较好。综上所述,矩形 B40 H30 是矩形斜管较好的断面尺寸。

表 1 矩形斜管沉淀实验结果

分 组 数	$q = 8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$			分 组 数	$q = 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$		
	原水浊度 (度)	平均出水浊度 (度)			原水浊度 (度)	平均出水浊度 (度)	
		矩形B40 H30	矩形B36 H30			矩形B40 H30	矩形B36 H30
1	43~62	2.17	1.48	1	10~14	2.34	1.4
2	98~140	3.08	2.65	2	70~95	3.36	2.71
3	155~220	3.09	3.15	3	115~145	4.92	4.94
4	290~305	3.90	3.65	4	200~320	5.26	5.71
5	370~450	4.36	5.40	5	480~700	5.92	6.78
$q = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$							
1	25.9~35.4	3.71	3.63	5	300~370	5.73	5.78
2	92~104	4.58	3.52	6	580~600	4.1	5.2
3	130~148	5.19	3.68	7	800~1000	5.8	6.33
4	180~200	6.43	6.05	8	1900	9.5	10.4

从表 2 可以看出,当  $q$  为  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  时,矩形 B40 H30 与蜂窝  $\text{Ø}30$  斜管相比,其出水浊度不相上下,说明两者的处理效果相近,但从单位体积的斜管体的材料耗量来看,前者只有后者的 93.75%,可见,矩形斜管比蜂窝斜管具有更好的经济效益。

表 2 矩形斜管与蜂窝形斜管对比实验结果

分 组 数	$q = 8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$			分 组 数	$q = 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$		
	原水浊度 (度)	平均出水浊度 (度)			原水浊度 (度)	平均出水浊度 (度)	
		矩形B40 H30	蜂窝 $\text{Ø}30$			矩形B40 H30	蜂窝 $\text{Ø}30$
1	43~62	2.17	1.73	1	10~14	2.34	2.38
2	98~140	3.09	2.98	2	70~95	3.36	3.30
3	155~220	3.08	3.50	3	115~145	4.92	4.50
4	290~305	3.90	3.85	4	200~320	5.26	4.91
5	370~450	4.35	4.35	5	480~700	5.92	5.07
$q = 10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$							
1	26~35	2.73	3.27	6	400~500	4.8	5.18
2	92~104	3.71	3.71	7	580~600	5.1	4.8
3	130~148	4.58	3.67	8	610~700	4.8	4.9
4	180~200	5.19	5.60	9	800~1000	6.88	7.38
5	300~370	5.40	6.10	10	1900	9.50	10.5

### 3 矩形斜管的水力特性参数公式

根据水流在斜管内处于层流状态,假定悬浮杂质为离散颗粒(即在沉淀过程中颗粒不再凝聚),根据牛顿内摩擦定律和流体力学理论,经数学推导,得出了矩形斜管内水流平均流速  $V$ 、杂质颗粒沉降速度  $U$ 、斜管长度  $L$ 、断面的高度  $H$  和斜管倾角  $\theta$  等五个物理量之间的函数关系式(即水力特性参数  $S$  公式)为:

$$S = \frac{U}{V} \left( \frac{L}{H} \cos\theta + \frac{1}{\sin\theta} \right) = \frac{4}{3} \quad (1)$$

又知蜂窝形斜管水力特性参数  $S$  公式为:

$$S = \frac{U}{V} \left( \frac{L}{\varnothing} \cos\theta + \frac{1}{\sin\theta} \right) = \frac{4}{3} \quad (2)$$

可见,矩形斜管与蜂窝形斜管的  $S$  公式的形式是相同的,只是  $H$  是矩形斜管断面的高度,  $\varnothing$  是蜂窝形斜管的内切圆直径而已。这就是说,只要  $H$  和  $\varnothing$  相等,且雷诺数相近时,则这两种斜管的沉淀效率就不相上下。实验测定结果与这一理论论证是很吻合的。

### 4 斜管起端的“过渡段”问题研究

为了查明斜管起端是否存在“过渡段”问题,我们进行了矩形斜管的沿程沉淀效率试验和矩形斜管内的水流流态试验。

#### 4.1 矩形斜管的沿程沉淀效率试验

实验装置及流程、试验的矩形斜管断面尺寸如前述图 3、图 2 所示。斜管长度均为 1 m,每根斜管上设有 6 个取样口,即取样口间距为 20 cm、试验中测定了在斜管液面负荷率  $q$  为  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  时,斜管的进水浊度和斜管沿程各取样口的出水浊度。现将  $q$  为  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  时矩形斜管的管长与出水浊度关系曲线表示在图 5、图 6 中, $q$  为  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  时,管长与出水浊度关系曲线形状与  $q$  为  $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  时相似,这里就不一一绘出了。

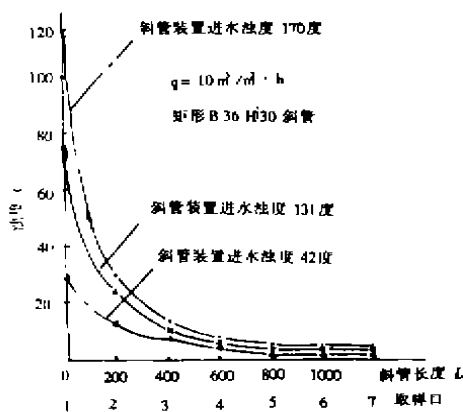


图5 斜管的管长与出水浊度关系曲线

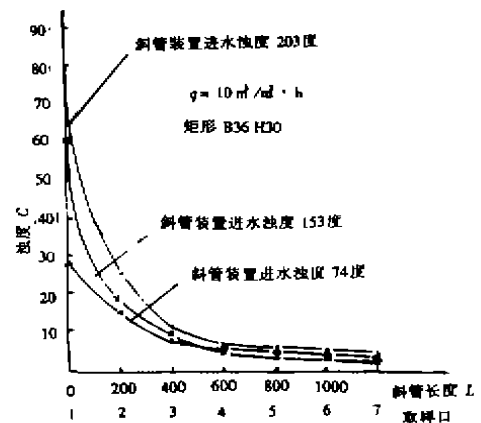


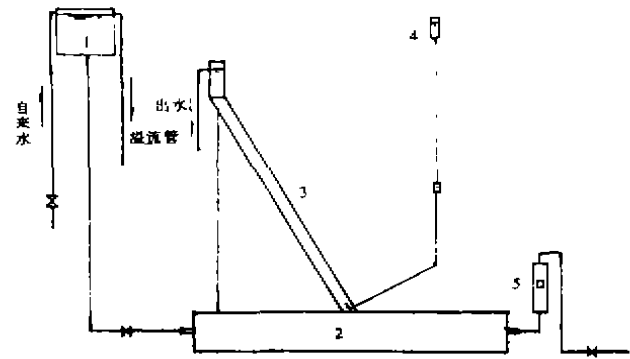
图6 斜管的管长与出水浊度关系曲线

从图中曲线可看出:水流进入斜管后,就立即进行固液分离,在斜管起端部分的沉淀效率(即曲线的斜率)为最高,在斜管末端部分的沉淀效率为最低,这说明斜管全长均起着固液分离作用,它不存在一个“过渡段”。其它几种常用斜管(如蜂窝等),试验亦获得相似结果。

#### 4.2 矩形斜管内的水流流态试验

斜管水流流态试验装置如图 7 所示。该装置主要由平衡水箱、底部配水箱、斜管、示踪剂投入装置和转子流量计等组成。平衡水箱的作用是稳定试验装置的进水水压,底部配水箱的作用是相当于斜管沉淀池底部的配水区。矩形斜管断面尺寸为 B45 H22.5,管长为 60 cm,斜管内的水流流态是通过示踪剂流线形状的变化来观察。试验方法是,在斜管起端通过一个针头注入示踪剂,观察并测定示踪剂流线每分钟左右摆动的次数和每次摆动的长度及宽度。进行了  $q$  为  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 $10 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 $12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 $14 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ 、 $16 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  的流态试验,实验数据如表 3 所示。

从表 3 可看出,当  $q$  为  $16 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  时,斜管(B45 H22.5)内流线摆动的最大长度为 8.2 cm,最大宽度为 7.3 mm,摆动 1 次的历时约为 15 s。可见流线摆动是很缓慢的,流态属于层流范畴。这也证明了,在斜管的起端不存在一个由紊流变层流的“过渡段”。这一结论也适用于  $R_e$  数相同的其它型号斜管。



1-平衡水箱 2-底部配水箱 3-斜管 4-示踪剂瓶 5-转子流量计

图 7 斜管水流流态试验装置图

表 3 矩形斜管流态实验数据

液面负荷率 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$	矩形 B45 H22.5		
	摆动宽度 mm	摆动次数 次/min	摆动长度 cm
8	2.0	1.5	2.0
10	2.9	2.2	2.5
12	3.8	2.6	3.8
14	5.8	2.9	6.0
16	7.3	3.9	8.2

注:本实验数据是在  $V = 11 \text{ mm/s}$ 、  
水温  $t = 29 \sim 31^\circ\text{C}$  时测得。

## 5 结 论

1) 垂直粘结矩形斜管具有斜管体顶面与底面平整、断面有利于污泥(杂质)通过和“等距离”沉降等优点。

2) 通过小型实验,优选出了矩形斜管断面尺寸为 B40 H30。通过对比实验证明:当液面负荷率  $q$  为  $8 \sim 12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$  时,矩形 B40 H30 与蜂窝  $\text{O}30$  斜管处理效果相近,但前者比后者可节省材料用量 6% 以上。可见,垂直粘结矩形斜管是一种沉淀效能良好且具有较好经济效益的斜管。该斜管已获国家专利,现由重庆某厂生产,产品已投放市场。

3) 实验说明,斜管全长均起着固液分离作用,斜管起端不存在“由紊流变层流”的过渡

段,故建议今后设计斜管长度时,可不考虑“过渡段”长度。

#### 参 考 文 献

- 1 刘荣光. 垂直粘结矩形斜管. 专利说明书, 1993. 6
- 2 陈士才. 垂直粘结矩形斜管沉淀性能及其技术经济评价. 重庆建筑大学硕士学位论文, 1996
- 3 袁 斌. 垂直粘结矩形斜管若干问题的试验研究. 重庆建筑大学硕士学位论文, 1996
- 4 田伟博. 关于斜管沉淀若干问题的研究. 重庆建筑大学硕士学位论文, 1996
- 5 盛国荣. 斜管沉淀池管长若干问题的研究. 重庆建筑大学硕士学位论文, 1996

## Research on Sedimentation Technique of Tube Settler with Rectangular Cross - section and Vertical Adhesive Interface

*Luo Huirong Guo Shiquan Chen Shicai*

*Yuan Bin Luo Jia and Liu Rongguang*

(Faculty of Urban Construction Engineering, Chongqing Jianzhu University. 400045)

**Abstract** A new type of tube settler with rectangular cross - section and vertical adhesive interface in the tube module is proposed. The tube module by this kind of tube settler has flat top and bottom faces. Experiments show that the tube settler with rectangular cross - section and vertical adhesive interface has the advantages of better sedimentation performance, less material consumption for its construction and no flow transitional section from turbulent flow to laminar flow in the inlet part of the tube of which the whole length takes part in solid - liquid separation.

**Key Words** vertical adhesive interface, tube settler with rectangular cross - section, tube settling

(编辑:王秀玲)