

的下降后再急剧上升。

2.3 最佳运行条件的确定

当因素一定时，各考察指标不同水平的最大差值即为该因素的极差，极差最大的因素，则为该指标的最大影响因素，在各因素同一考察指标的最大值所对应的水平组合，即为最佳水平组合，各因素下，考察指标的次大值组合，称为替代水平组合。PAC、PFS 对各污染物去除能力的最大影响因素及最佳水平组合和替代水平组合结果见表 5。表中最佳水平组合意

表 5

考察指标	药 剂					
	PAC			PFS		
	最大影响因素	最佳水平组合	替代水平组合	最大影响因素	最佳水平组合	替代水平组合
$\eta_{\text{COD}}$	A 投药量	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> 即 150 mg/L; 40 转/分 45 min	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> 即 100 mg/L; 80 转/分 25 min	A 投药量	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> 即 150 mg/L; 40 转/分 45 min	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> 即 100 mg/L; 80 转/分 25 min
$\eta_{\text{SS}}$	C 沉淀时间	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> 即 150 mg/L; 40 转/分 10 min	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> 即 30 mg/L; 160 转/分 45 min	B 搅拌条件	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> 即 150 mg/L; 40 转/分 45 min	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> 即 100 mg/L; 80 转/分 25 min
$\eta_{\text{NH}_4\text{-N}}$	A 投药量	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> 即 150 mg/L; 80 转/分 45 min	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> 即 100 mg/L; 40 转/分 25 min	C 沉淀时间	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>1</sub> 即 150 mg/L; 80 转/分 45 min	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub> C <sub>2</sub> 即 100 mg/L; 40 转/分 25 min

味着在此条件下运行，可以获得更好的污染物去除率。但本试验的目的即满足预处理要求即  $\eta_{\text{SS}} = 60 \sim 80\%$ ， $\eta_{\text{COD}} = 50 \sim 70\%$ ，在此约束条件下，尽可能考虑经济要求，即尽量减小投药量和沉淀时间，降低搅拌强度，由此得出：PAC 及 PFS 预处理城市污水工作条件，见表 6。

3 结 论

1) 在较低温度时(10℃)，预处理城市污水，絮凝剂 PAC 比 PFS 效果更好。

2) 预处理城市污水，絮凝剂 PAC 的工作条件为：投药量  $\geq 30 \text{ mg/L}$ ，搅拌条件为：40 转/

表 6

药剂名称	单项指标下工作条件	组合作业条件
PAC	COD { 投药量 约 30 mg/L 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 10 min	投药量 $\geq 30 \text{ mg/L}$ 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 $\geq 10 \text{ min}$
	SS { 投药量 约 30 mg/L 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 10 min	
PFS	COD { 投药量 100 mg/L 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 45 min	投药量 $\geq 100 \text{ mg/L}$ 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 $\geq 45 \text{ min}$
	SS { 投药量 30 mg/L 搅拌条件 40 转/分 沉淀时间 10 min	

分, 沉淀时间  $\geq 10$  min; 絮凝剂 PFS 的工作条件为: 投药量  $\geq 100$  mg/L, 搅拌条件为: 40 转/分, 沉淀时间  $\geq 45$  min。

3) PAC、PFS 预处理城市污水对后续处理工序的影响, 还有待进一步研究。

### 参 考 文 献

- 1 李永定等. 利用铁泥生产聚合硫酸铁. 化工环保, 1991, 11
- 2 夏晓明等. 新型絮凝剂在污泥脱水中应用的研究. 环境科学, 1991, 12(1)
- 3 叶荣达等. GD-2 型絮凝剂在污泥脱水中的应用. 中国给水排水, 1991, 7(5)
- 4 高宝玉等. 一种染料废水脱色剂 PSAM 的制备和效果实验. 环境科学, 1992, 13(1)
- 5 关卫省等. PHM-Y 混凝剂处理含油废水. 中国给水排水, 1992, 8(5)
- 6 吕向红. 微生物絮凝剂. 化工环保, 1995, 15(4)
- 7 黄晓家等. 废水直接微絮凝过滤的研究. 给水排水, 1993(11)
- 8 钱小同. 铝吸附剂在水处理中的应用. 给水排水, 1988(3)
- 9 何伟光等. 铁-絮凝床处理厨房废水. 环境科学, 1994, 15(1)
- 10 刘兴旺等. 改性铁法处理印染废水. 中国环境科学, 1995, 15(3)
- 11 张 智. 简易低耗可延续污水处理技术. 建筑·展望. 重庆: 西南师范大学出版社, 1996
- 12 谭章荣. 混凝剂聚合硫酸铁的应用. 中国给水排水, 1992, 8(1)
- 13 何伟光等. PACS 一种高效除油水处理剂. 环境科学, 1988, 9(1)
- 14 陈辅君等. 聚合硫酸铁的合成研究. 中国给水排水, 1995, 11(1)
- 15 高宝玉等. PACS 絮凝剂的制备及其性能研究. 环境科学, 1990, 11(3)
- 16 陈辅君等. 高盐基度聚合氯化铝的制备研究. 中国给水排水, 1994, 10(6)

## Study on PAC and PFS Pretreatment of Urban Wastewater

Zhang Zhi Deng Xiaoli Zuo Yuzheng

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

**Abstract** In this thesis, PAC & PFS pretreatment of urban wastewater is studied. The experiment research is focused on determining Optimum Operating condition by orthogonal method, when SS and COD removal ratio are 60~80% and 50~70% respectively, PAC & PFS doses are greater than or equal to 30mg/l and 100mg/l respectively, their sedimentation times are greater than or equal to 10min and 45min respectively.

**Key Words** urban wastewater, pretreatment, flocculation

(编辑:陈 蓉)

# 水平渗水管对降低 土坡地下水位的效果预测

TU462

67

谢开富

(重庆交通学院承港工程系 400074)

俞玉良

(中国重庆对外建设总公司 400011)

**摘要** 介绍在土坡中设置水平渗水管来降低地下水位的一种方法。该方法在有限元分析成果的基础上,提出了关于水平渗水管间距和水平渗水管下游水深的经验的公式。实验结果表明,该公式是各实验点据的合理描述。因此,在工程实践中,根据设计的要求,既可以采用该公式来预测水平渗水管下游水位的降落值,反之,又可以采用该公式来计算确定水平渗水管的间距。

**关键词** 土坡, 水平渗水管, 预测, 地下水位, 降落

**中图法分类号** TU462

地下水渗流对土坡的稳定主要有两个方面的影响。其一,将减弱土体的抗剪强度;其二,将产生附加的渗流压力。因此,降低地下水位是土坡稳定性分析计算中应涉及到的一个重要因素。

在土坡中设置水平渗水管是降低地下水位的方法之一。现将水平渗水管的构造和作用简述如下。水平渗水管通常采用在管壁开有缝隙或钻有小孔的聚氯乙烯圆管。为了阻止土粒进入圆管,还需用可以渗水的土工织物环绕该圆管,以形成反滤层。沿土坡下坡方向开挖出口端稍向下斜(通常为5%)的沟槽或坑道,采用水泥砂浆或细石子混凝土浇筑管底座,再将准备好的圆管放置在管底座上。采用透水性较好的材料(粗砂或小碎石)回填在管壁外侧,再回填原状土。由此构成土坡中的渗水管。由于埋置的渗水管底座坡度很小,故将这种渗水管装置称为水平渗水管。地下水便可以通过管壁缝隙或小孔流入水平渗水管,并且通过渗水管出口端流到地表圬工砌体排水沟。由此而降低地下水位,以稳定土坡。水平渗水管的构造示意图如图1所示。

这种装置对于降低地下水位是很有效的。但是如何预测地下水位降低的程度,这是安装渗水管之前,需要解决的土坡中水平渗水管渗流的重要课题。

对于水平渗水管渗流的问题,可以采用多种方法求解。对于边界条件较复杂的情况,可以采用有限差分或有限单元等方法求解。本文将介绍 Choi, E, C, C 关于水平渗水管渗流的三维有限元分析成果,并将通过实验来检验其数学模型(即在有限元分析成果基础上建立

收稿日期:1997-01-03

谢开富,男,1949年生,工程师

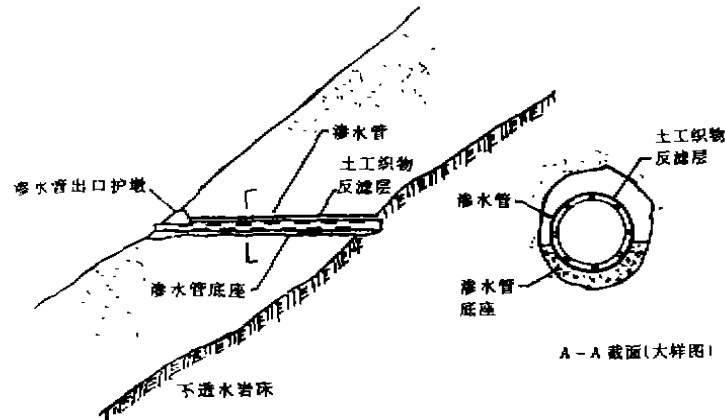


图 1 水平渗水管的构造

的经验公式)的正确性。

## 1 有限元分析成果

本文仅介绍不透水床底的坡度在  $20^\circ$  至  $45^\circ$  之间变化,并且水平渗水管的安装间距(下文简称渗水管间距)在 0.3 倍至 3 倍未扰动渗流水深之间变化的有限元分析成果。

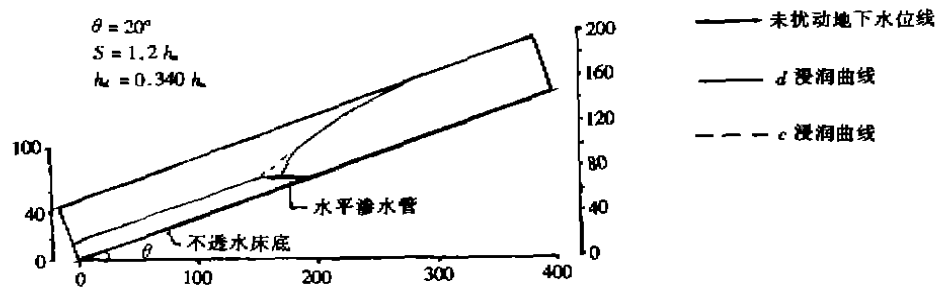


图 2 典型渗流水位线

如图 2 所示,不透水床底的坡度  $\theta$  为  $20^\circ$ ,渗水管间距  $S$  为 1.2 倍未扰动水深  $h_u$ 。水平渗水管下游水深  $h_d$  为 0.340 倍未扰动水深  $h_u$ 。流经渗水管的浸润曲线如图中细实线( $d$  浸润曲线),位于两渗水管之间中心线上的浸润曲线如图中虚线( $c$  浸润曲线)。由此可见,(1)除水平渗水管附近外, $d$  浸润曲线和  $c$  浸润曲线基本相似;(2)在水平渗水管附近  $d$  浸润曲线比  $c$  浸润曲线的降落要大得多;(3)在水平渗水管的下游,该两条浸润曲线很快相似(即该两条浸润曲线在渗流场中的同一渗流断面上水位相等),并且其水深明显小于水平渗水管上

游的水深。

当渗水管间距或不透水床底坡度变化时，水平渗水管下游水深将会相应变化。有限元分析的结果表明，对于 3 倍未扰动水深  $h_w$  的渗水管间距  $S$  (即  $S = 3h_w$ )，并且不透水床底坡度分别为  $45^\circ$ 、 $30^\circ$  和  $20^\circ$ ，相应的水平渗水管下游水深  $h_d$  分别为  $0.72 h_w$ 、 $0.59 h_w$  和  $0.52 h_w$ 。而对于  $S = 0.6 h_w$ ，并且不透水床底坡度分别为  $45^\circ$ 、 $30^\circ$  和  $20^\circ$ ，相应的  $h_d$  分别为  $0.43 h_w$ 、 $0.32 h_w$  和  $0.22 h_w$ 。

为了进一步研究渗水管间距对水平渗水管下游水深的影 响，首先分别计算出 不透水床底坡度为  $45^\circ$ 、 $30^\circ$  和  $20^\circ$  的水平渗水管下游水深  $h_d$  与未扰动水深  $h_w$  之比 (即  $h_d/h_w$ )、渗水管间距  $S$  与未扰动水深  $h_w$  之比 (即  $S/h_w$ )，并且用  $\cos^4\theta$  来使  $S/h_w$  归一化，即  $S/(h_w \cos^4\theta)$  ( $\theta$  为不透水床底与水平线的夹角)。以  $S/(h_w \cos^4\theta)$  为横坐标， $h_d/h_w$  为纵坐标，在半对数图纸上点绘其关系点。如图 3 所示，所有的点均沿一条直线汇合。

利用最小二乘方的拟合法，可以求得该直线的方程：

$$\frac{h_d}{h_w} = 0.17 \ln \left( \frac{S}{h_w \cos^4\theta} \right) + 0.29 \quad (1)$$

式中

- $h_d$ ——水平渗水管下游水深；
- $h_w$ ——渗流场中的未扰动水深；
- $S$ ——水平渗水管的安装间距；
- $\theta$ ——不透水床底的坡度。

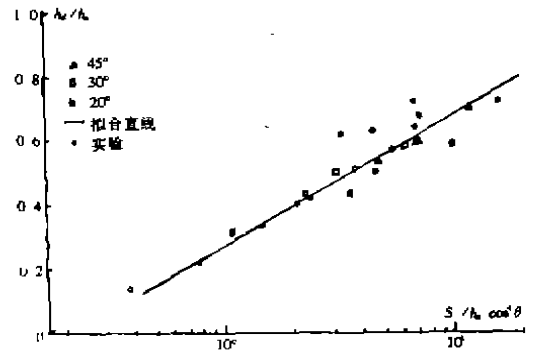


图 3  $h_d/h_w$  与  $S/(h_w \cos^4\theta)$  的关系图

## 2 实验方法

为了检验数学模型的正确性，在长为 4.2 m，宽为 1.3 m、高为 0.4 m 的金属槽中装入厚度约为 0.3 m 的砂层，其砂粒粒径在 2.5 mm 至 0.3 mm 之间。在槽的两端附近，安装金属丝网隔板，以形成上游进口蓄水箱和下游出口蓄水箱。用管道把实验砂槽中的模拟水平渗水管、进口蓄水箱、出口蓄水箱、流量计、总蓄水箱、水泵和头部水箱连结起来，构成实验闭合管路输水系统。上游进口蓄水箱和下游出口蓄水箱的水位均由恒定水位溢流管来控制。

采用在上半圆拱部钻有小孔的直径为 20 mm 的铅管来模拟水平渗水管，并且采用金属丝网罩来模拟水平渗水管的反滤层，以阻止砂粒进入模拟水平渗水管 (即铅管)。

在渗流场的各控制过流断面 (通常每间隔 20 cm 取一个过流断面) 上，把电子测深探针 (其针头直径为 5 mm) 插入实验槽中的渗水砂层，由此量测来获得渗流浸润曲线。

图 4 为该实验装置示意图。

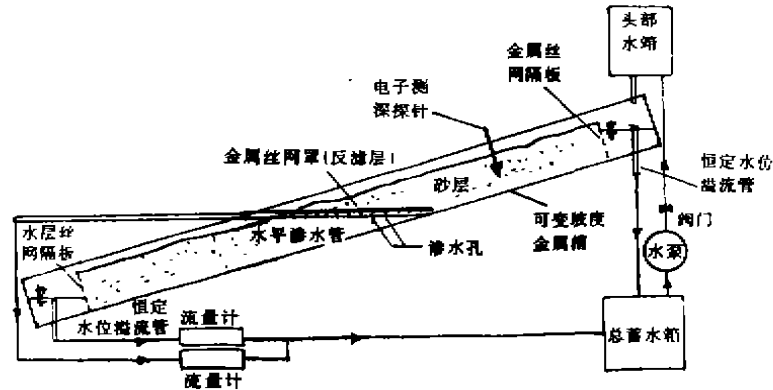


图 4 水平渗水管实验装置示意图

### 3 实验结果分析

在实验槽底坡度为  $10^\circ$ 、 $11.7^\circ$ 、 $20^\circ$  和  $30^\circ$  的情况下,分别进行了实验。模拟水平渗水管的间距分别设置为 300 mm、400 mm、600 mm 和 1 200 mm。在一般情况下,由实验所测得的浸润曲线与由有限元分析法所获得的浸润曲线相比较,二者呈现类似的形状。但是由实验所测得的浸润曲线存在较大的局部偏差,即在某些测点处其浸润曲线,随时间产生波动。其原因是难以使实验槽中的砂层保持均匀的渗透。

实验槽中模拟水平渗水管的间距,所测得的模拟水平渗水管上游水深(即未扰动水深)和下游水深列于附表。将该附表所列数据进行有关的计算,并点绘在图 3 中。如图 3 所示,虽然这些实验点与有限元分析法的拟合直线(方程式(1))相比,存在较大的离散性,但是这些实验点基本平均分布在该直线的两侧。

附表 实验结果

不透水床底坡度 $\theta^\circ$	10		11.7			20			30	
水平渗水管间距 mm	600	1 200	1 200	1 200	1 200	400	400	1 200	300	400
未扰动水深 mm	117	127	170	175	186	107	143	93	160	154
水平渗水管下游水深 mm	68	76	110	120	135	55	63	68	100	99

### 4 结 语

本文在有限元计算成果基础上提出反映各水力要素间的关系的公式(1)。实验结果与利用该公式计算的结果很接近。因此,在工程设计中,可以采用该公式来计算水平渗水管下游水位的降落值。同时,若按工程需要拟定水平渗水管下游水深,亦可采用该公式计算水平渗水管的间距。

## 参 考 文 献

- 1 Choi, E. C. C., Seepage Around Horizontal Drains Two and Three - Dimensional Finite Element Analysis. Journal of the Hong Kong Institution of Engineers, 1977
- 2 周善生. 水力学. 北京: 高等教育出版社, 1983
- 3 洪毓康. 土质学与土力学. 北京: 人民交通出版社, 1989

## The Prognostication of the Effects of the Horizontal Drains on Lowering the Ground Water Table in Hill Slopes

*Xie Kaifu*

(Chongqing Jiaotong Institute 400074)

*Yu Yuliang*

(Chongqing International Construction Co, 400011)

**Abstract** This paper recommends a method of lowering the ground water table by setting up the horizontal drains in hill slopes. Based on the finite element analysis, the method advances the experiential formulation about the downstream water depth of the horizontal drains and the distance between the horizontal drains. The experimental result seems to agree reasonably well with the expression. So, in engineering practices, the formulation can be used to predict the amount of lowering of the downstream water depth, and also to confirm the distance between the horizontal drains.

**Key Words** hill slope, horizontal drains, prognostication, ground water table, lower

(编辑:陈蓉)