

尾矿坝排渗方法对比分析与研究

李书涛 余宏明

(中国地质大学工程学院, 湖北 武汉 430074)

摘要: 简述了水平井-竖直砂袋井联合自流排渗体用于尾矿坝治理技术先进、节能降耗、安全可靠等优点, 值得进一步推广使用。

关键词: 水平井; 砂袋井; 竖井; 浸润线

中图分类号: TD 926.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-8550(2004)04-0033-02

0 引言

我国尾矿库大多建于20世纪50~60年代, 随着库内尾矿的不断积聚, 其工程问题日益突出, 主要原因是坝体浸润线长期处于过高状态, 主要表现为散浸和集中渗漏, 症状为坝面、坝前沼泽化、管涌和流土^[1]。要解决这些工程问题, 最直接的手段就是降低坝体浸润线, 所采取的措施是排渗。排渗方法的优劣直接影响到排渗效果和工程造价, 本文在技术方面着重比较同等介质条件下不同排渗方法的理论计算与模型模拟, 在经济方面着重比较同等排渗效果的经济投入, 在安全可靠性方面着重比较施工中的安全系数、质量保证的可靠度。

1 不同排渗体排水效果对比分析

排渗体的排水效果主要与汇水体系有关, 传统的排渗方法汇水井均为竖向, 而水平井-竖直砂袋井联合自流排渗体的汇水体系以水平为主、竖直为辅。

根据地下水动力学的叠加原理, 多个抽水井或水平井的作用是单井作用的叠加, 因此, 只要比较单井作用的效果就可以反映两种处理方法的差异。首先比较竖井与水平井的差异, 再比较竖井与水平井-砂袋井的差异。

尾矿坝虽然是一种人工地物, 但所处的自然地质条件和阶梯形地貌具有较复杂的特征。考虑到本文的主要目标是从基本原理上分析两种排水方法的效果, 特建立如图1所示的理想模型: 假定坝体为均质各向同性的无限长(x轴方向)条形潜水含水层, 渗透系数 $K = 0.5 \text{ m/d}$, 底板是水平状不透水的基岩, 上下游边界相距 $L = 40 \text{ m}$, 均为定水头边界, 水位落差 12 m ; 采用抽水井降水的模型中, 有一流量恒定为 Q 的完整井抽水, 该井与下游边界距离 $a = 15 \text{ m}$, 直径 80 cm ; 在采用水平井-砂袋井组合排渗模型中, 将水平井刻画为渗透系数

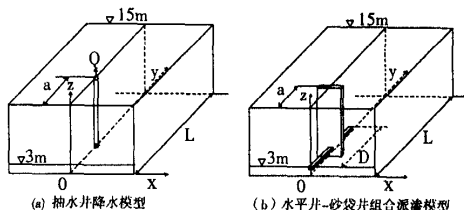


图1 尾矿坝排渗降水的理想模型

$K_h = 5000 \text{ m/d}$ 的水平方体, 横截面 $\Delta x = \Delta z = 10 \text{ cm}$, 长度 D 可变, 将砂袋井排列画为渗透系数 $K_d = 50 \text{ m/d}$ 的铅直方体, 横截面尺寸为 $\Delta x = 16 \text{ m}$, $\Delta y = 40 \text{ cm}$, 长度达到底板, 与下游边界的距离也是 $a = 15 \text{ m}$ 。

未采取排水措施时, 上述理想模型中地下水的稳定水位只随 y 坐标变化, 为:

$$h = \sqrt{\frac{h_1^2 + h_2^2 - h_1^2}{L} y} \quad (1)$$

式中 h_1 ——下游水位; h_2 ——上游水位; h ——采取工程措施后的稳定水位。

对于抽水井降水模型, 可以采用条形含水层内潜水完整井的稳定流解析解^[2], 结合(1)式得到稳定水位与抽水流量的关系:

$$h^2 = h_1^2 + \frac{h_2^2 - h_1^2}{L} y - \frac{Q}{2\pi K} \ln \left[\frac{ch \frac{\pi x}{L} - \cos \frac{\pi(y+a)}{L}}{ch \frac{\pi x}{L} - \cos \frac{\pi(y-a)}{L}} \right] \quad (2)$$

考虑到含水层在井区不被疏干, 抽水量应存在一个上限 Q_{\max} 。根据上述模型的参数计算得到在单井抽水情况下有 $Q_{\max} = 37 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

水平井-砂袋井组合排渗模型中地下水的三维渗流比较复杂, 笔者利用美国地质调查局(USGS)开发的软件 MODFLOW 进行了模拟, 该软件可以进行地下水流的三维有限差分数值计算, 其中包含的 BCF2 模块专门用于处理潜水自由面的变化。所建立的模型有22层矩形差分网格, 井区进行了加密, 用超松弛迭代法求解。为检

收稿日期: 2004-02-24

作者简介: 李书涛(1971-), 男(汉族), 湖北仙桃人, 1997~2002年在中冶集团武汉勘察研究总院从事尾矿坝治理工作, 工程师, 2002年9月就读中国地质大学工程学院硕士研究生。

验 BCF2 模块的有效性,对未采取排水措施时的稳定水位进行了模拟,结果与解析解的相对误差小于 5%,因此是可靠的。

模拟结果见图 2 和 3。从图 2 可以看出,抽水井排水将产生明显的漏斗形水位面,差异降深的幅度很大,而水平井形成下凹形斜坡状的水位面,降深的均匀性比较好。当抽水井按最大流量排水时,在远离排泄区的位置能够产生与 20 m 长水平井(无辅助砂袋)相当的降深,但是在靠近排泄区的位置(如 10 m 以内)效果较差。如果水平井的长达到 25 m,则效果明显优于抽水井。从图 3 可以看出,砂袋井的作用也是显著的,可以增加水平井的排水降深,特别是较大幅度地增加 x 轴方向的降深。因此,在水平井长度不变的情况下,只要铺设砂袋井,可以考虑增加水平井的间距以节约成本。水平井-砂袋井的另一个优点是可以一次成形、自然排水,避免了抽水井维护投入大的问题。

由以上理论计算、模拟结果可知:在条件相同的尾矿坝体中,单组水平井-竖直砂袋井联合自流排渗体的排渗效果明显优于单组竖井的排渗效果,如果将水平井加长至 70 或 90 m,将竖直砂袋井移至距水平井末端 15 m 处,或增加几排竖向砂井,效果将更加明显。

2 联合自流排渗体与管井抽排的经济对比

水平井-竖直砂袋井联合自流排渗体与管井抽排相

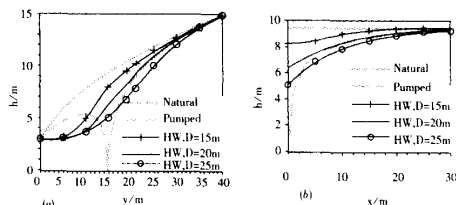


图 2 单井排水效果对比图

(包括天然无排水处理时的水位 (Natural), 以最大流量 $Q_m = 37 \text{ m}^3/\text{d}$ 抽水的竖井排水水位 (Pumped), 单纯水平井 (HW, 无砂袋井) 不同长度条件下的水位。(a) $x = 0.4 \text{ m}$; (b) $y = 15.0 \text{ m}$)

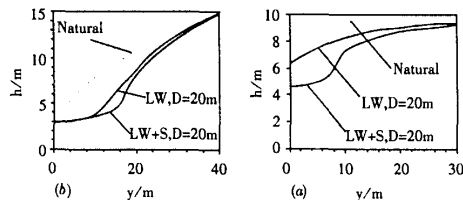


图 3 水平井-砂袋井组合排渗效果图

(包括天然无排水处理时的水位 (Natural), 单纯水平井 (HW, 无砂袋井) 排水水位, 水平井-砂袋井组合 (LW+S) 排水水位。(a) $x = 0.4 \text{ m}$; (b) $y = 15.0 \text{ m}$)

比,不仅技术上可行,而且经济上节省,主要表现在工程施工造价、后期运行与维护方面,工程造价分析对比见表 1 (以预算价为依据并参照目前的市场价格)。

表 1 工程造价分析对比

排渗方法	施工参数	施工 造价	运行 造价	维护造价
井式水平顶 管自流排渗	井径 800 mm 井深 50 m 水平顶管 50 m	每组 11 万元	无	每两年洗井一次 机械洗井每次费 用 8 000 元
轻型井点法 排渗	井径 800 mm 井深 50 m	每组 2 万元 7 万元	每两年洗井一次 机械洗井每次费 用 8 000 元	
水平井-竖 直砂袋井 联合自流 排渗体	水平井 75 m 砂袋井 2 排 井深 13 m 井数 70 个	每组 8 万元	无	无

从表 1 可知:在布置相同密度工作量的情况下,水平井-竖直砂袋井联合自流排渗体与传统的排渗方法在施工造价,特别是后期维护造价、运行造价相差甚远。因此,采用水平井-竖直砂袋井联合自流排渗体比传统排渗方法更经济。

3 安全可靠分析

3.1 施工、维护安全性

施工设备操作安全性能高,水平井施工设备转速较低且无高空、深坑作业,袋装砂井施工机械简单,施工过程中少水或无水,不易发生安全事故;后期维护简单,只需用水水平钢管锁口连接顶端用麻布包扎通过摩擦清洗井壁。传统方法中洗井过程较为繁琐,机械洗井相对人工洗井危险性大,若采用辐射井式排渗,施工安全性与后期维护的安全性都大大降低。

3.2 施工工艺的可靠性

水平井-竖直砂袋井联合自流排渗体施工难点在于水平排渗管的施工工艺,包括水平管的倾角控制(倾角是排渗体自流的必要条件)、水平井与砂袋井的对接、水平排渗管的制造安装、护管的退管等。但只要在施工过程中严格按施工技术参数进行控制,保证每道工序的质量,就会取得良好的施工效果。

3.3 施工效果的可靠性

用水平井-竖直砂袋井联合自流排渗体施工效果显著,能在较短时间内大幅度降低坝体浸润线(见表 2),施工保质期长,采用 ABS 管、 $400 \text{ g}/\text{m}^2$ 土工布作为排渗管材料,其强度、耐腐蚀性均在 15 年以上,而且洗管方法简单、频率低、费用低。水平管埋设于坝体中,孔口用混凝土固定,不易遭人为破坏,在很大程度上解决了浸润线随尾矿库存增大而迅速增高的问题。

• 炸药与爆破 •

爆破大块过多和超碎的原因及改进

于志春

(唐钢矿业有限公司后屯石灰石矿, 河北 唐山 063021)

摘要: 叙述了采用空气间隔分段装药和微差延时起爆的技术, 减少了爆破大块过多和超碎的现象, 取得了良好的经济效益。

关键词: 石灰石矿; 间隔分段装药; 微差延时爆破

中图分类号: TD 235.46 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-8550 (2004) 04-0035-02

0 引言

唐钢矿业有限公司后屯石灰石矿位于唐山市开平区境内, 是唐钢辅料生产矿山, 属于中小型露天矿, 主要生产 40~90 mm 的石灰石成品矿, 年生产能力为 50 万 t。由于该矿是由手工开采发展而来, 生产技术和设备比较

收稿日期: 2004-03-12

作者简介: 于志春 (1971-), 男 (汉族), 河北滦南人, 唐钢矿业有限公司后屯石灰石矿助理工程师。

落后。

1 采矿生产中存在的问题及原因分析

该矿区矿体节理和裂隙发育, 局部有小的破碎挤压带及擦痕, 具有典型的石灰石矿的地质结构特征。这些特征影响了爆破能量的分布范围和作用过程, 从而影响了爆破效果, 爆破中经常出现大块过多和超碎现象。大块率比较大, 增加了二次爆破量, 同时增大了二次爆破的炸药消耗; 而矿石过碎, 矿石成品率降低, 浪费了矿

表2 工程实例统计^[3]

矿 山	排渗体 组数	水平管深 度/m	竣工时总排 渗量/ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$	浸润线平均 下降值/m
云南大姚铜矿	26	65.0~73.0	425.4	3.4~4.6
江西新余良山 铁矿	5	65.0	284	3.94~5.21
江西宜春钽铌矿	5	65.0~80.0	280	5.46
湖南七宝山硫 铁矿	6	40.0~65.0	211.4	4.32
本钢歪头山铁矿	6	65.0	504.3	6.0
	9	65.0	785.6	5.38~6.24

通过对水平井-竖直砂袋并联合自流排渗体的技术、经济和施工可行性等方面的分析与论证, 从理论上充分肯定了水平井-竖直砂袋并联合自流排渗体在尾矿坝治理中的优势。通过在辽宁本钢歪头山尾矿坝等工程中的应用, 从实践上证实了水平井-竖直砂袋并联合自流排渗体是一种较好的排渗方法。

实施中水平排渗管的制造安装是一个非常关键的施工工艺节点, 要确保施工过程中水平排渗管的施工质量, 严格杜绝细颗粒尾矿进入排渗管而造成管涌。

参考文献:

- [1] 岩土工程手册编写委员会. 岩土工程手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994.
- [2] 薛禹群主编. 地下水动力学原理. 北京: 地质出版社, 1986.
- [3] 中冶集团武汉勘察研究院总院优秀论文集.

4 结语

Analysis and research of methods treating water seepage from tailings dam

LI Shu-tao, YU Hong-ming

(China Geology University, Wuhan 430074, China)

Abstract: A modern technology of self-flowing body consisting of horizontal holes and vertical sandbags is used to treat water seepage from tailings dam. The method is worth to spread the method due to its advantages such as energy saving, safety and reliability.

Key words: horizontal well; sandbag well; vertical well; line of seepage

尾矿坝排渗方法对比分析与研究

作者: [李书涛, 余宏明](#)
作者单位: [中国地质大学工程学院, 湖北, 武汉, 430074](#)
刊名: [矿业工程](#)
英文刊名: [MINING ENGINEERING](#)
年, 卷(期): 2004, 2(4)
被引用次数: 0次

参考文献(3条)

1. 《岩土工程手册》编写委员会 [岩土工程手册](#) 1994
2. [薛禹群](#) [地下水动力学原理](#) 1986
3. [中冶集团武汉勘察研究总院优秀论文集](#)

相似文献(1条)

1. 期刊论文 [李书涛, 余宏明](#) [尾矿坝排渗方法对比分析](#) -[水文地质工程地质](#)2004, 31(6)
本文通过建立管井和水平井-砂袋井两种不同模型, 对比分析两种不同排渗体系在同一尾坝条件下理论排渗效果, 得出水平井-砂袋井排渗体系优于管井排渗体系. 旨在为解决同类工程问题提供设计参考.

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gwjsks200404016.aspx

授权使用: 北京矿冶研究总院(北京矿冶研究总院), 授权号: cd19e9bb-746a-4561-8c8b-9e0100d460ba

下载时间: 2010年9月30日