

文章编号: 0253 - 9993 (2005) 05 - 0678 - 03

水砂充填料中的水流特性研究

李启成, 邹文洁

(南华大学 机械工程学院, 湖南 衡阳 421001)

摘 要: 利用某铀矿尾矿作为水砂充填料的水流特性研究, 针对不同粒度的试样, 进行常水头渗透试验. 发现水的流量随着时间的推移而降到某一稳定值, 渗透速度、渗透率和阻流量均可以用相应的数学表达式来描述; 充填料的渗透速度由其所含最小颗粒控制, 大颗粒的影响相对较小; 渗透速度对孔隙率很敏感, 在孔隙率从低到高的变化过程中, 渗透性也会从低到高发生很大的变化.

关键词: 充填料; 水流特性; 渗透速度; 渗透率

中图分类号: TD823.71 **文献标识码:** A

Study on water flowing characteristics in water-gravel-mixed filling material

LI Qi-cheng, ZOU Wen-jie

(School of Mechanical Engineering, Nanhua University, Hengyang 421001, China)

Abstract: Studied the water flowing characteristics in gangue used as water-gravel-mixed filling material from one Uranic mine. For samples with different gravel granularity, seepage test was done under constant water head pressure and found that the flux of water will descend to a steady value with the time changing, and the relations among seepage rate, permeability and stopped-up water flux can be described in mathematics function. Secondly, that seepage rate of filling material is mainly determined by the smallest granule not big ones contained in it. Thirdly, that seepage rate is sensitive to porosity of filling material and will change obviously with porosity changing from low to high.

Key words: filling material; water flowing characteristics; seepage rate; permeability

采矿工业所用的充填物料来源各异, 成分不一. 影响排水性质的基本因素是物料的粒度组成, 即使采用同一类型的物料, 其粒度组成的变化也会使水流发生很大的变化. 尾矿是选矿厂的废弃物, 在正常的选矿过程中, 原矿都被破碎并磨细到有用矿物可单体解离的细度. 选出有用矿物后, 尾矿或被泵送到尾矿库, 或经分级后用作矿山的水砂充填料^[1]. 通过矿山工作面水砂充填料的水流为完全的层流^[2]. 在水流的作用下, 多孔隙充填料的结构有了很大的变化, 开始流动前, 一些颗粒处于悬浮状态, 阻塞可以不同方式出现, 流动的颗粒不会进入比本身小的空隙中, 液体压力可看成是主要的阻流力. 如果压力或流量的局部变化使阻滞的颗粒近旁的水流变化, 或有移动的颗粒与阻流的颗粒相碰撞, 则阻塞可能消除^[3]. 利用某铀矿尾矿作为水砂充填料, 以不同比例混合制成不同粒度的试样, 进行常水头渗透试验, 研究的目的在于探讨与粒度组成相关的渗透率和流速随着时间变化的规律, 建立相应的数学表达式.

收稿日期: 2005 - 04 - 21

作者简介: 李启成 (1965 -), 男, 湖南衡阳人, 高级工程师. Tel: 0734 - 6130032, E-mail: lqc2626@163.com

1 水砂充填的动力学方程

如图 1 所示，假定一个横截面面积为 A ，高度为 h 的多孔层单元，在很小的时间间隔 t 内，阻流量 AQ 增加到 $A(Q + \frac{\partial Q}{\partial t} t)$ ，有体积为 AU_m 的悬浮颗粒进入多孔介质的空隙。其中 Q 为总阻流量，即单位渗透体积的沉降颗粒体积； χ 为悬浮颗粒的体积分数，即单位悬浮体积的颗粒体积； U_m 为悬浮颗粒的渐进速度，mm/s

该单元中颗粒阻留概率 $P = \frac{h}{U_m} \frac{\partial Q}{\partial t}$ ，而单位高度的阻留

概率 $P_1 = \frac{1}{U_m} \frac{\partial Q}{\partial t}$ ，单位时间内消除颗粒阻塞的概率 $P_2 = -\frac{1}{Q}$

$\frac{\partial Q}{\partial t}$ ，则单位时间阻留量为

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + P_2 Q = P_1 U_m \quad (1)$$

阻流量和悬浮颗粒体积无法用试验方法测定，但可以测定流速（即渗透速度）。

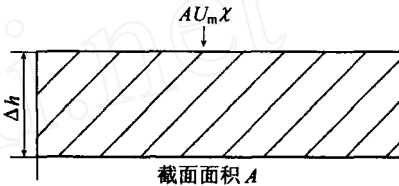


图 1 多孔介质单元

Fig. 1 Porous material unit

2 充填料渗透试验

渗透率与渗透速率之间存在函数关系，它们每一个都是流体在多孔介质中流通难易程度的一种量度^[4]。利用某铀矿尾矿作为水砂充填料，颗粒形状大多为角状，圆度不等。以不同比例混合，制成不同粒度的试样，进行常水头渗透试验。试验的要素有：全饱和度，用恒定水头得到的稳定液流以及记录液体的温度和孔隙率。

从开始流动后每隔 300 s 测定一次流量，对每个试样都记录了流量的逐渐变化，试验结果见表 1。

表 1 渗透速度试验结果

Table 1 Seepage rate experiment results

mm/s

批号	最大颗粒度 d_{max}/mm	均匀系数 c	孔隙度 n	水温度 $t/$	从开始流动计时 /s						
					0	300	600	900	1 200	1 500	1 800
1	12.5	3.2	0.41	10	0.183	0.155	0.140	0.131	0.126	0.123	0.121
2	18.2	16.5	0.36	15	0.245	0.239	0.224	0.214	0.204	0.202	0.200
3	18.5	13.2	0.36	15	1.340	1.050	0.890	0.860	0.810	0.800	0.780
4	18.2	12.1	0.42	9	2.150	1.620	1.500	1.390	1.310	1.210	1.160
5	18.2	3.5	0.48	15	4.640	3.400	2.810	2.620	2.460	2.140	2.020
6	18.2	4.8	0.43	14	4.160	3.490	3.140	2.690	2.450	2.300	2.200
7	18.5	11.3	0.42	15	4.530	3.550	2.900	2.780	2.670	2.380	2.380
8	13.6	6.8	0.44	10	4.600	3.410	2.720	2.400	2.100	1.980	1.900
9	18.2	5.6	0.52	12	9.300	8.900	6.400	5.800	5.200	4.400	4.200
10	18.5	7.8	0.58	12	12.200	9.800	7.900	6.700	5.800	5.600	5.400

从试验的结果得知，渗透速度均随时间的推移呈函数关系降低。综合大量实验结果，可以得到描述渗透速度 u_m 的数学表达式为

$$u_m = u_c (a + be^{-t}), \quad (2)$$

式中， u_c 为临界渗透速度，是流体在临界流线上通过多孔介质的渗透速度，mm/s； $u_c = f[(c, d_{max}, c, n), (\mu, T)]$ ，mm/s； c 为均匀系数，是占总物料 60% 的最小颗粒的最大粒径与有效粒径 d_{10} 之比，即 d_{60}/d_{10} ，有效粒径 d_{10} 是在粒径分布中细粒部分为 10% 时的物料粒径； n 为孔隙度，即颗粒之间的空隙总

体积与散体物料的总容积之比; ρ_s 为充填料密度, kg/m^3 ; μ 为黏度系数, $\text{Pa} \cdot \text{s}$; a , b 为流体和孔状介质的常数.

将式 (2) 代入式 (1), 可得

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + P_2 Q = P_1 u_c (a + be^{-t}). \quad (3)$$

悬浮颗粒的体积分数 与从流动开始计时的时间 t 有关, 用函数表示为 $u_c = f(t)$. 将式 (3) 对时间 t 进行积分就可得到总阻流量 Q 与时间 t 的数学表达式.

3 结 论

(1) 充填料的渗透速度由其所含最小颗粒控制, 大颗粒的影响相对较小. 因此充填体的强度随细料含量的减少而降低, 但其渗透率却得到了较大的改善.

(2) 渗透速度对试样的孔隙率很敏感, 在孔隙率从低到高的变化过程中, 渗透性也会从低到高发生很大的变化, 因此在试验中必须测定孔隙率.

(3) 通过水砂充填料的渗透试验可知, 水的流量随着时间的推移而降到某一个稳定值, 渗透速度、渗透率和阻流量三者间的相互关系均可用相应的函数表达式来描述.

(4) 水砂充填料的水流特性研究, 有助于对矿山地表及地下堆浸等相关领域的水相流动规律的认识和应用.

参考文献:

- [1] 刘同有. 充填采矿技术与应用 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2001. 8~43.
- [2] 孙恒虎. 当代胶结充填技术 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002. 105~136.
- [3] 王绍周. 管道运输工程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2004. 101~150.
- [4] Ford R A, Monuzi G A, Korr R W, 等. 充填采矿——第十二届加拿大岩石力学讨论会文集 [C]. 王 鉴, 译. 北京: 原子能出版社, 1987. 346~363.

2006年 《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》 (《煤炭学报》英文版) 征订启事

《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》是中国煤炭学会主办的刊物, 是向国内外公开发行的英文版煤炭科学技术方面的综合性学术刊物. 主要刊载煤田地质与勘探、煤矿开采、矿山测量、矿井建设、煤矿安全、煤矿机械工程、煤矿电气工程、煤炭加工利用、煤矿环境保护等方面的科学研究成果论著和学术论文, 以及煤矿生产建设、企业管理经验的理论总结, 也刊载重要学术问题的讨论及国内外煤炭科学技术方面的学术活动简讯.

《煤炭学报》英文版《JOURNAL OF COAL SCIENCE & ENGINEERING (CHINA)》是向世界传播我国煤炭科技的重要媒体, 对加强中外科学技术交流, 宣传我国煤炭科学成就, 提高我国煤炭科学技术的国际地位将起到重要的作用. 及时报道我国煤炭科技新理论、新技术、新经验也是《煤炭学报》英文版的主要任务. 《煤炭学报》英文版和中文版具有不同的刊登内容和各自的特点.

《煤炭学报》英文版是半年刊, 每年 6月和 12月出版. 每期 112页, 每册国内订价 20元, 全年共收费 40元. 订阅者可直接和本编辑部联系, 订单函索即寄, 编辑部随时办理订阅手续.

本刊地址: 北京市和平里煤炭科学研究总院内《煤炭学报》编辑部

邮政编码: 100013 联系电话: (010) 84262930 E-mail: mtxbhj@126.com, mtxb@vip.163.com