

声呐之所以不能用来进行渗流测试之我见

刘建刚, 刘明玮, 牛传业

My opinion on the reason why sonar can not be used for seepage testing

LIU Jiangang, LIU Mingwei, and NIU Chuanye

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202205021>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基坑降水对声纳渗流检测精度的影响分析

Influence of foundation pit dewatering on sonar seepage detection accuracy

江杰, 魏丽, 钟有信, 胡盛斌, 杨杉楠 水文地质工程地质. 2020, 47(5): 73-80

富水隧道幕墙堵水技术研究

Research on water blocking technology of curtain walls in water-rich tunnels

吴祖松, 侯秋萍, 马君伟, 刘琦, 肖缔, 李松 水文地质工程地质. 2019, 46(5): 65-71

基于砂槽模型研究不同水流密度下盆地地下水水流系统

A study of the characteristics of groundwater flow system of a basin under variable density condition based on a physical sand box model

易磊, 漆继红, 许模, 吴明亮, 李潇, 岑鑫雨 水文地质工程地质. 2019, 46(3): 40-40

白洋淀湖岸带地表水与地下水垂向交换研究

A study of vertical exchange between surface water and groundwater around the banks of Baiyangdian Lake

李刚, 马佰衡, 周仰效, 赵凯, 尤冰, 李木子, 董会军, 李海涛 水文地质工程地质. 2021, 48(4): 48-54

井内嵌入同轴多孔与固体圆柱地下水渗流流型分析

Flow pattern analysis around a solid cylinder with both porous and water rings in porous media

朱琳, 雷海燕, 马非, 戴传山 水文地质工程地质. 2021, 48(4): 25-31

甘肃北山区域地下水数值模拟研究

Numerical simulation of regional groundwater flow in the Beishan area of Gansu

曹潇元, 侯德义, 胡立堂 水文地质工程地质. 2020, 47(2): 9-16



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

DOI: 10.16030/j.cnki.issn.1000-3665.202205021

刘建刚, 刘明玮, 牛传业. 声呐之所以不能用来进行渗流测试之我见 [J]. 水文地质工程地质, 2022, 49(5): 214-216.

LIU Jiangang, LIU Mingwei, NIU Chuanye. My opinion on the reason why sonar can not be used for seepage testing[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2022, 49(5): 214-216.

声呐之所以不能用来进行渗流测试之我见

刘建刚¹, 刘明玮², 牛传业³

(1. 河海大学地球科学与工程学院, 江苏 南京 211106; 2. 江苏开放大学建筑工程学院, 江苏 南京 210036; 3. 济宁市自然资源和规划局, 山东 济宁 272100)

摘要: 从测试原理、计算方法两方面对近年来新出现的“声呐渗流检测或测井”技术提出了质疑, 指出了这一技术存在的严重问题, 认为声呐技术是不能用来进行渗流测试的。

关键词: 声呐; 垂向流; 渗流速度; 地下水流向

中图分类号: P621.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-3665(2022)05-0214-03

My opinion on the reason why sonar can not be used for seepage testing

LIU Jiangang¹, LIU Mingwei², NIU Chuanye³

(1. School of Earth Science and Engineering, Hohai University, Nanjing, Jiangsu 211106, China;
2. School of Civil Engineering and Architecture, Jiangsu Open University, Nanjing, Jiangsu 210036, China;
3. Jining Natural Resources and Planning Bureau of Jining, Jining, Shandong 272100, China)

Abstract: In this paper, the “sonar percolation detection or logging” technology, which has emerged recently, is questioned from the aspects of test principle and calculation method, and the serious problems of this technology are pointed out. It is considered that sonar technology can not be used for seepage testing.

Keywords: sonar; vertical flow; seepage velocity; groundwater flow direction

1 问题的提出

近年来技术服务市场上出现了一个新技术概念——“声呐渗流检测或测井”, 有很少量论文发表, 甚至还出现了规范^[1-3]。从波动理论来讲, 波的传播速度仅与波的传播媒介的固有物理特性有关, 而与传播媒介是否存在运动无关, 如水中的声波(声呐波)仅与水的密度、黏滞性有关, 与水流是否运动无关; 在岩土工程勘察技术上, 早就有声波测井或声波探测这一技术, 但也只能获得波在岩土层中的平均传播速度,

用以反映波传播范围内岩土体的平均强度(岩土体的固有特性), 但无法获得岩土体中地下水的流动速度和流动方向。也就是说, 声呐和渗流在理论上是不存在关系的, 也就谈不上声呐渗流测井或声呐渗流检测, 即声呐无法用来进行渗流速度、渗流方向的测试。本文从以下 2 个方面来说明用声呐进行渗流测试存在的严重问题。

2 渗流与波动的关系

声呐属于波动理论, 渗流属于地下水动力学理

收稿日期: 2022-05-09; 修订日期: 2022-06-23

投稿网址: www.swdkgcdz.com

基金项目: 国家自然科学基金项目(51979078)

第一作者: 刘建刚(1963-), 男, 博士, 教授, 主要从事水文地质的教学与科研工作。E-mail: Liujg02@163.com

论。不同的学科之间进行交叉研究本是值得鼓励和提倡的,但交叉研究需要2个不同理论之间有交叉点。交叉点主要体现在刻划2个理论的控制方程上有相同的物理量或参数,否则不存在交叉研究的可能性,他们各自是独立的、互不相干的,也就不存在检测和被检测的关系。地下水渗流的控制方程就是渗流连续性方程,见式(1);渗流连续性方程应用在潜水或承压水上的水流运动方程是不一样的,就潜水而言,均质各向同性介质非稳定二维方程为式(2);而波动理论的控制方程暂且用一维波动方程表达,见式(3)。

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(h \frac{\partial H}{\partial y} \right) = \frac{\mu}{K} \frac{\partial H}{\partial t} \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 A}{\partial t^2} - u \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} = f(x, t) \quad (3)$$

式中: H ——水头/m;

μ ——给水度;

K ——渗透系数/($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$);

A ——振幅/m;

u ——波的传播速率,与媒介的密度和弹性有关,固定常数/($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)。

显然,波动方程与渗流方程之间根本不存在可进行交叉研究的物理量或参数。也就是说,声呐和渗流本质上相互独立、互不相干,因而不能用声呐来检测渗流。

3 声呐法的原理、计算方法及存在问题

声呐技术提出了“独辟蹊径”的原理以获得求解水流流速的计算公式^[1-3]: 声波在静止水体中的传播速度为一常数 C , 当声波逆流从探头下端传感器1传送到上端传感器B时,其传播速度被传感器B到传感器1方向上的水流速度 U (由于 θ 角非常小,几乎可以忽略不计,因此 U 实际上相当于垂直方向的水流速度) 所减慢,其传播方程为式(4);当声波顺流从上端传感器B传送到下端传感器1时,传播速度则被流体流速加快,其传播方程为式(5);两者相减就求得水流速度 U 的计算公式,见式(6)。如图1(a)所示。

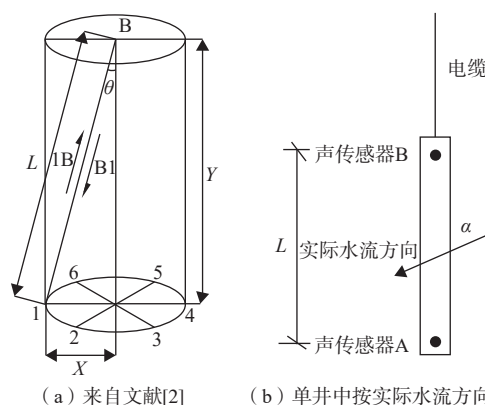
$$\frac{L}{T_{B1}} = C - U \frac{X}{L} \quad (4)$$

$$\frac{L}{T_{1B}} = C + U \frac{X}{L} \quad (5)$$

$$U = -\frac{L^2}{2X} \left(\frac{1}{T_{B1}} - \frac{1}{T_{1B}} \right) \quad (6)$$

式中: T_{B1} (T_{1B})——从传感器B(1)到传感器1(B)的时间/s。

暂且不从波动方程式(3)来说明这个原理是否成立,就按照其逻辑,式(4)和(5)也是不成立的: 等式左边项代表的是探头 L 方向(基本是垂直方向)的速度,而等式右边的第2项整体代表的是水平 X 方向的速度,则 C 也代表了 X 方向的速度;等号两边的量在概念上是完全混淆的,是不等的。



(a) 来自文献[2] (b) 单井中按实际水流方向

图1 计算示意图

Fig. 1 Calculation diagram according

除此以外,式(4)(5)还存在以下问题:

(1) U 的方向是人为设定的声通道方向,并不是实际的水流方向。实际的水流方向本身是不知道的,假如设定实际水流方向与探头的长度方向(铅直方向)之间的夹角为 α , 见图1(b), 同样按照其逻辑来推导,上面的式(4)——(6)就变成了式(7)——(9):

$$\frac{L}{T_{AB}} = C - U' \cos \alpha \quad (7)$$

$$\frac{L}{T_{BA}} = C + U' \cos \alpha \quad (8)$$

$$\frac{L}{T_{AB}} - \frac{L}{T_{BA}} = -2U' \cos \alpha \quad (9)$$

式中: T_{AB} (T_{BA})——从传感器A(B)到传感器B(A)的时间/s。

式(9)中包含了2个未知数: 实际水流速度 (U') 和 水流方向与竖直方向的夹角 (α), 因而是无法获得水流速度 (U') 的。

(2) 式(4)和(5)中的 U 基本是探头长度 (L) 方向上的水流速度, 水文地质上称为垂向流。对于地下水流动系统而言, 垂向流只在补给区(源)和排泄区(汇)

有,在径流区基本不存在垂向流或小得可以忽略不计,而工程设计中最关注的是水平速度。即图 1(b)中的 α 角在补给区和排泄区才是小角度,甚至接近 0° ,在径流区接近水平,不存在垂向流。

(3)地下水本身的水平流没有被考虑在式(4)和(5)中,仅将探头上人为设定的上下接发收器连线方向的实际垂向流的一个分量含糊其辞地称为渗流速度,是一种误导,实际不是工程上需要的水平流速。

(4)式(4)和(5)等号的左边项和等号右边的 C 都接近声速,声速大概是 340 m/s,而地下水垂向流的速度是厘米/天至米/天这个量级,等号的左边项和等号右边项 C 的测量误差大概率将覆盖掉垂向流 U 的值,计算得到的 U 很可能是因传播时间精度问题导致的声速测量误差值,不是 U 的真值。

4 结论

(1)渗流和声呐之间不存在耦合关系,也就不存在检测和被检测关系,即声呐不能用来进行渗流检测;

(2)所谓的“声呐渗流检测或测井”技术,只是在探头的上、下两端安装了声波的接、发传感器,通过接、发的转换计算获得井(孔)中水流的垂向流速,计算公式不成立,且大概率是声速测量的误差值而不是垂向

流速的真值,该装置无法获得水平向渗流速度、水平流动方向和垂向流。

参考文献 (References):

- [1] 胡盛斌,杜国平,徐国元,等.基于能量测量的声呐渗流矢量法及其应用[J].岩土力学,2020,41(6):2143-2154. [HU Shengbin, DU Guoping, XU Guoyuan, et al. Sonar seepage vector method based on energy measurement and its application[J]. Rock and Soil Mechanics, 2020, 41(6): 2143-2154. (in Chinese with English abstract)]
- [2] 杜家佳,杜国平,曹建辉,等.高坝大库声呐渗流检测可视化成像研究[J].大坝与安全,2016(2):37-40. [DU Jiajia, DU Guoping, CAO Jianhui, et al. Study on visualized-imaging of sonar detection for measurement of high dams with large seepage[J]. Dam and Safety, 2016(2): 37-40. (in Chinese with English abstract)]
- [3] 广西壮族自治区住房和城乡建设厅.建筑基坑止水帷幕声呐渗流检测技术规范:DBJ/T 45-117—2021[S]. [Department of Housing and Urban-Rural Development of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Technical specification for sonar seepage detection of watertight curtain in foundation pit: DBJ/T 45-117—2021. (in Chinese)]

编辑:汪美华
实习编辑:刘真真