滤料表面ζ电位的测定

张建锋1, 杨长生2, 王晓昌1, 金同轨1

(1. 西安建筑科技大学环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055; 2 成都市自来水公司, 四川 成都 610081)

摘 要: 根据流动电位的测定原理及其与颗粒表面 ζ电位的关系, 通过一套简单的装置对几种常用滤料的表面 ζ电位进行了测定, 同时给出了测定的控制条件, 并将测定结果与相关的数据进行了对比

关键词: 流动电位: 表面 て电位: 滤料

中图分类号: TU 991. 24

文献标识码: A

文章编号: 1006-7930(2001)03-0218-03

M easurements of zeta potential on granular filter media

ZHANG Jian-feng¹, YANG Chang-sheng², WANG Xiao-chang¹, JIN Tong-gui¹

(1 School of Environmental & Municipal Eng., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China; 2 Chengdu Water Supply Co., Chengdu 610081, China)

Abstract B ased on the relation of zeta potential and streaming potential on granular filter media, this paper provides the necessary information to construct and properly operate a simple streaming potential apparatus capable of measuring zeta potential of filter media and operational factors The result of kinds normal filter media is very good as compared with literature values

Key words: stream ing potential; zeta potential; filter media

在给水处理中, 过滤是十分重要的处理单元, 给水厂出水的卫生安全与滤池的工作状况有密切的关系。在过滤过程中滤料的性质在一定程度上决定着滤池的过滤效率。因此, 研究滤料颗粒的物理化学性质对于完善水处理技术和工艺是十分重要的。长期以来, 关于滤料颗粒表面电位的作用和对过滤机理的影响得到了大多数研究者的认可, 但滤料颗粒表面电位的测定一直没有得到很好的解决。本文根据颗粒流动电位与表面 (5电位的关系, 通过一套简单的装置对几种常用滤料的 (5电位进行了测定

1 原理

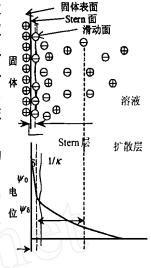
表面电位是描述固体颗粒表面特性的一个重要参数 根据胶体化学上的双电层理论, ζ电位是胶体颗粒表面双电层结构中滑动面上的电位, 见图 1 所示 这个滑动面距颗粒表面非常近 ζ电位在数值上小于颗粒表面电位, 但表面电位难于进行精确的分析和测量 在固体表面理想的稀电解质溶液条件下, ζ电位与表面电位具有一致性, 因此一般均用 ζ电位来表征胶体的表面电位 根据电泳的原理, 一般常用微电泳仪来测定水中胶体颗粒的 ζ电位, 但对于粒径远大于胶体级的颗粒(如滤料)表面的 ζ电位, 采用电泳的方法是不现实的

^{*} 收稿日期: 2000-05-07

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(59778022)

电渗是指在外电场作用下液体相对于带电表面的移动现象, 流动电位 现象则是电渗的逆过程 当液体受压力作用通过毛细管时,靠近毛细管双 电层中的扩散层带着反电荷也跟着向管的一端流动, 这样便形成了流动电 流 1。 由于扩散层的流动使电荷积聚, 并因此而建立起一个电场 这个电 场会导致液体体相中出现反向电流 —— 电导电流 I_s 当 $I_s = I_s$ 时,即建立 稳态平衡 此时在毛细管的两端产生一个静电电位,这就是流动电位 流 动电位是液体所受外力的函数[1]

在研究滤池的机理时, 一般可以将由粒状滤料随机堆放而成的滤层的 内部空隙结构抽象为毛细管 因此,根据流动电位的原理,可以测定滤层中 通过电解质溶液时的流动电位 Hiemenz和Rajagopaian 给出了产生流动 电位的体系中流动电位与液体所受压力的关系⁽²⁾, 即 Sm o luchow sk i 方程 式如下:



$$\Delta E = \frac{\zeta_{GG}}{4\pi u K} \Delta P \tag{1}$$

式中, ΔE : 流动电位的改变值(mV); $\boldsymbol{\zeta}$ 颗粒表面 $\boldsymbol{\zeta}$ 电位(mV); $\boldsymbol{\epsilon}$ 电解 图 1 Stern 双电层模型 质溶液的相对介电常数; 6: 真空的绝对介电常数($F \cdot cm^{-1}$); μ : 电解质溶液的粘性系数($g \cdot (cm \cdot s)^{-1}$); K: 电解质溶液的电导率(Ω 1 cm $^{-1}$); ΔP : 与流动电位改变相对应的单位长度滤层压力差(g $^{\bullet}$ (m 3 $^{\bullet}$ s^{-2}) - 1).

将式(1)变换后有:

$$\zeta = \frac{4\pi\mu K}{66} \frac{\Delta E}{\Lambda P} \tag{2}$$

因此、根据流动电位随压力差的变化,通过式(2)可求得滤料颗粒表面的 ζ电位 必须指出,式(2) 建立的关系的成立条件是颗粒空隙中水流的流态必须是层流,以避免颗粒表面双电层内紊流及涡引起 流动电位的波动 滤层中水流满足层流的条件一般以雷诺数 Re < 1.0 作为判断准则,即满足下式:

$$Re = \frac{D v\rho}{6(1 - e)\mu} < 1 \tag{3}$$

式中, D: 滤料粒径(cm); u 滤速(cm • s ¹); ρ : 水的密度(g • cm ³); e: 滤层空隙率

根据式(3)确定的最大滤速所对应的水头损失:

$$\Delta H = \Delta Z \cdot K_K \frac{\mu (1 - e)^2}{D^2 \cdot e^3} \frac{1}{\rho_g} U$$
 (4)

式中, ΔZ : 滤层厚度(cm); $K \kappa$: 系数, g: 重力加速度(cm • s²).

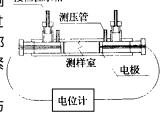
式(4) 给出了满足层流条件下滤层允许的最大水头损失值, 即在流动电位的测定过程中, 水头损失 不能超过此值 例如,对于 $d_{10}=0.9$ mm 的石英砂滤料,在进行流动电位测定时,每厘米滤层水头损失 不应大干 0, 61 cm.

流动电位测定装置 2

密均匀堆积 两电极的检测环境相同

流动电位测定装置如图 2 所示 整个测定装置包括测样槽 两个电极 电位差计和一套测压管装置 测样槽采用有机玻璃管,管壁透明便于观察样品的堆积情况,避免在测 样时槽内有气泡、空腔而影响测定的准确性 样品槽长度为 20 cm, 长度过 短会因空隙中电解质溶液流速波动引起读数的漂移。样品槽两端的移动部 分支撑着电极, 并可在小范围调整样品室的体积, 以确保两电极间的样品紧

用 0 3 mm 孔眼的铜丝网镀银后固定在多孔圆盘上作为电极、极片与 样品槽轴线垂直 电极固定好后对极片进行阳极化处理,即以铜片作阳极 电极片作阴极,在 0 1NHC1溶液中通以 5 mA 的电流约 1 h, 然后将电极片



电位测定装置示意图

投入 10 M KC1 溶液中浸泡 12 h, 电极即处理完毕

滤料颗粒表面で电位的测定 3

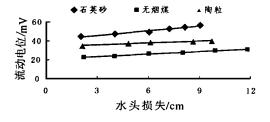
在测定流动电位时,必须注意以下几方面: 1)测定过程中样品的体积不少于 60 m l; 2)电解质溶液 的温度必须精确测定: 3)整个测定装置与导体(泵、水管)绝缘. 以避免电信号失真或偏移

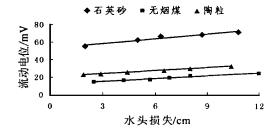
测样时流经样品槽的电解质液体为 10 °M KC1 溶液和活性炭脱氯处理的市政自来水, 以期得到在 给定条件下以及实际生产中清洁滤料颗粒表面的 (电位

实验选用的三种常用滤料的规格及性能参数如表 1. 溶液以不同的滤速流经样品槽时产生不同的 水头损失,对应每一个水头损失都可测得一个流动电位值(见图 3),将流动电位值随水头损失的变化率 代入式(2), 计算得到滤料颗粒表面的 て电位

							\sim 7 \sim	
类型	<i>d</i> 10/cm	K 60	当量粒径 <i>d 。/c</i> m	比表面积 /cm² • g ⁻¹	比重	球形度	产地	
石英砂	0 91	1. 22	1. 10	26 38	2 65	0 78	福建晋江鲁滨石英砂厂	
陶粒	0 80	1. 15	0 099	21. 08	3 19	0 903	河南巩义	
无烟煤	0 89	1. 51	1. 21	38 32	1. 50	0 774	河南巩义	

实验材料的规格及性能参数





pH = 7.12

a) 10⁻²M KCL 溶液 pH = 7.0 b) 脱氯自来水

流动电位值随水头损失的变化关系

计算结果及有关文献给出的相关数据见表 2

图 3

由计算结果可知、在脱氯自来水中无烟煤滤料的表面电位最高、陶粒次之、石英砂滤料颗粒的表面 电位最低 石英砂滤料的测定结果与其他研究者的结果十分接近 而且在测定实验中发现该装置的重 现性较好

表 2 计算结果与参考值 て电位/mV て电位参考値 (流动电位法) 滤料材质 KCL 溶液 脱氯自来水 ζ电位/mV 参考值来源 (pH = 7.0)(pH = 7.22)- 68±3(流动电位法, pH = 5.5) 文献(3) 石英砂 - 65(电泳法,pH= 5 5) - 69. 73 - 76 85 文献(4) 97(流动电位法, pH = 7.1) 陶粒 - 31. 39 - 49. 10 无烟煤 42 00 46 61

结语 4

基于流动电位原理来测定大粒径颗粒表面 C电位, 这为在水处理领域中大粒径颗粒表面性质的研 (下转第 224 页)

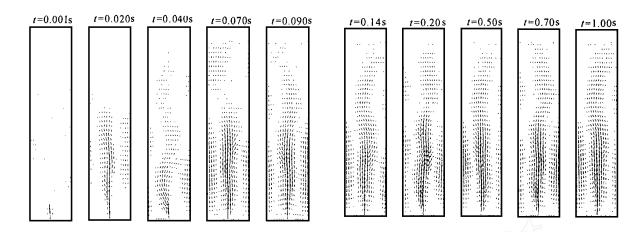


图 3 改进 S M PLE 算法计算非稳态流场

4 结论

本文提出了一种用于计算非稳态流场数值解的改进 SMPLE 算法, 对二维非稳态流体流动的计算结果表明, 当数值计算的其它条件均相同时, 原来不收敛的计算程序, 应用改进的 SMPLE 算法可以得到收敛解 证明这种改进 SMPLE 算法的收敛特征远优于 SMPLE 算法

参考文献

- [1] 陶文铨编著. 数值传热学[M] 西安: 西安交通大学出版社, 1986 275-285.
- [2] S. V. 帕坦卡著. 传热与流体流动的数值计算[M] 北京: 科学出版社, 1984 139-142

(上接第 220 页)

究提供了一种简便、快捷的研究手段。例如,目前使用的快滤池在工作一段时间后必须进行反冲洗,反冲洗后滤池的出水要经过一个成熟期才能满足水质要求。滤池的成熟期一般持续 1~2 h, 与整个过滤周期相比时间较短。但由于滤池成熟期的出水水质较差, 对于整个处理过程出水水质影响颇大, 因此对于滤池成熟期的研究日益得到重视。从过滤机理来看, 滤池成熟期的出水, 即初滤水水质与清洁滤料的表面电位有一定的关系。滤料颗粒表面电位的测定将为研究过滤初期的机理和初滤水的工艺控制提供极大的帮助。同时, 这项技术也可直接用于生物滤池中填料的表面性质的研究⁴¹.

参考文献:

- [1] 胡纪华, 杨兆禧, 郑忠编著 胶体与界面化学[M] 广州: 华南理工大学出版社, 1999.
- [2] H·范·奥尔芬著 粘土胶体化学导论[M] 许冀泉等译 北京:农业出版社,1982
- [3] TRU ESDA L S E, et al. Analysis of bacterial deposition on metal(hydr)oxide-coated sand filter media[J]. J. Colloid Interface Sci., 1998, 203(2): 369-378
- [4] TRU ESDA L S E, et al. Apparatus for streaming potential measurements on granular filter media [J] J. Environmental Engineering, 1998, 124(10): 1 228-1 232