

电场处理水物理特性的实验研究

韩中凡 王树春 姚凤英

(吉林大学物理系)

以一定速度流过电场(特定电压和频率)的水简称为电水.电水的物理特性包括它的密度、粘滞度、表面张力、时间效应、pH 值和电导率等,以及上述各参量随电场电压和频率变化的关系.本文主要用对比的方法,测定了电水的表面张力系数、浮力,浮力随电场频率变化情况,电水的时间效应.

目前,电水在世界上应用已取得了显著成果.例如,美国 Worthington 公司研制成静电水除垢控制器,较好地解决了除垢问题.在过去四年里有 400 多种静电装置被美国的一些企业采用^[1].世界上最早用高频电场处理水,制造出第一台电水器的是英国人.目前英国广泛地用高频电水处理造纸、印染、化纤制造、电镀、肉类和家禽加工、炼油和冶炼重金属所产生的污水^[2].

我国也开始制造了电水器,并已付之于应用.例如,长春市制带厂用高频电场处理水去除工业锅炉水垢,连续十年不用添加化学药剂,锅炉没有结垢,十年给国家节约十万多元,同时还节约大量能源.我国又开拓了电水新的应用途径,把它用来调制水泥混凝土,使强度比用普通水增加 25%.用电水浸泡种籽并加电场处理,比用普通水浸泡没加电场处理(在同等环境

下)提高发芽率 20% 左右,发芽期提前三十多小时.国际和国内电水的应用取得了可喜的成果.研究电水的物理特性是有重大的意义的.

反映电水效应好坏的标准是什么?这是十分重要的问题.我们从实验上初步摸索到,电场处理过的水,如果浮力(浮力正比于密度)比普通水增加的越多,则电水的效果越好.可以用下述三种间接测定液体密度变化的方法,来标定电水效应的好坏.

1. 浮力法.根据阿基米德原理,测量某种液体(如电水)浮力的变化.因为浮力的大小和被测液体的密度成正比.

2. 紫外光吸收法.因为紫外光在液体中被吸收的强和弱与单位光程内吸收分子的数目成正比,亦即和液体的密度成正比.

3. 受激布里渊散射法^[3].电场对水的作用,导致水的密度的变化,从而改变了超声在水中的传播速度.

一、实 验

1. 电水浮力的测定

用自制电水器形成电水,用精度为 0.1 mg 的电光天平测定电水和普通水的浮力,实验用

表 1

形成电水后的测量时间 (min)	水流过电场的速度 (m/s)	电水浮力 (g)	普通水浮力 (g)	电水比普通水的浮力增加量 (%)	测试时温度 (T℃)
20	0.745	3.71470	3.70764	0.19	18.0
20	0.460	3.68839	3.67502	0.36	19.0
20	0.580	3.57665	3.57575	0.030	19.0
20	0.710	3.57492	3.57414	0.020	19.0

水是长春市自来水和深井水,测试时只要保证水温和环境温度稳定,数百次实验证实,电水浮力比普通水浮力增加,重复性规律较好。现选四组数据列于表 1。

从表 1 可知,电水的浮力均高于普通水的浮力,即电场处理水的密度高于普通水的密度。

2. 电水的浮力和水流过电场速度的关系

六次以上的测量均发现水流过电场的速度和浮力的关系中,都出现极值。以 1984 年 12 月 29 日的一组数据(见表 2)为例,测试条件是:电水形成后 15 分钟时开始测量,水的温度 $T = 19.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$;长春市自来水。

表 2

水流速度 $v(\text{m/s})$	电水浮力 (g)	普通水浮力 (g)	电水比普通水浮力增加量(%)
0.028	3.56565	3.56475	0.020
0.46	3.68839	3.67502	0.36
0.58	3.57665	3.57575	0.030
0.70	3.57492	3.57414	0.020
0.75	3.66470	3.65312	0.18

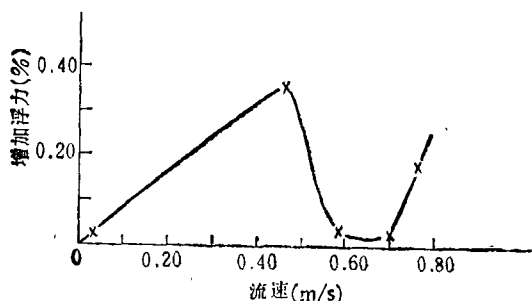


图 1 浮力和水流过电场速度关系

测得的浮力和流速关系见图 1。

从图 1 知,电水的浮力比普通水的浮力增加了;电水浮力和水流过电场的速度的曲线上

有极值;水流速度为 0.46 m/s 时,通过电场浮力变化最大。

3. 电水表面张力系数的测定

测电水和普通水的表面张力用拉脱法,其设备是一台焦氏秤。液体的表面张力系数为

$$\alpha = \frac{f}{2L} = \frac{mgx}{2Ll} = Kx, \quad (1)$$

m 是所加砝码质量, g 是重力加速度, L 是“ π ”形丝的长度, l 是测定弹簧弹性系数时,弹簧的伸长量, x 是液体表面张力使弹簧的伸长量,并令上式中的 $K = mg/2Ll$ 。

为了消除系统误差,用同一台仪器测定电水和普通水的表面张力系数,并保持水温和环境稳定。为了减少偶然误差,用多次测量,求平均值,共测八组数据,重复性较好,现在选一组数据列于表 3。

标准误差用下式求得:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (\bar{x} - x_i)^2}{5(5-1)}}.$$

由(1)式知,电水的表面张力系数为

$$\alpha_e = K\bar{x}_e. \quad (2)$$

普通水的表面张力系数为

$$\alpha_c = K\bar{x}_c. \quad (3)$$

电水比普通水表面张力系数增加的百分数由下式求得:

$$\frac{\alpha_e - \alpha_c}{\alpha_c} \times 100\% = \frac{\bar{x}_e - \bar{x}_c}{\bar{x}_c} \times 100\%, \quad (4)$$

由(4)式知,已消除了 $K = mg/Ll$, 因此减少了测量 m , L 和 l 的误差。 \bar{x}_e , \bar{x}_c 数值代入(4)式,求得电水比普通水表面张力系数增加的百分数为 4%。相对误差用下式求得:

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \frac{\sigma_e}{\bar{x}_e} + \frac{\sigma_c}{\bar{x}_c}. \quad (5)$$

将 σ_e , σ_c , \bar{x}_e 和 \bar{x}_c 代入(5)式,求得

表 3

种类	次数	1	2	3	4	5	平均 \bar{x}	标准误差 σ	$\bar{x} \pm \sigma$
普通水 $x(\text{mm})$		28.50	28.00	27.80	28.70	28.90	28.4	± 0.2	28.4 ± 0.2
电水 $x(\text{mm})$		29.90	29.20	29.10	29.50	29.60	29.5	± 0.1	29.5 ± 0.1

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = 1\%$$

结果,电水比普通水表面张力系数增加的百分数为 $4\% \pm 1\%$ 。

4. 电水的浮力和电场频率之间的关系

研究电水的浮力和电场频率之间的关系,便于找到高效应的电水所对应的最佳电场频率,给制造最佳状态的电水器提供重要的实验依据,并且可能对研究磁化水、电水的理论模型具有重要意义。实验表明,在某一频率下出现最大的浮力值,说明此时流过该频率电场的的水的分子的个数增加,可能是大分子集团 $(H_2O)_n$,变成小的分子集团。

实验用的振荡稳压源,是上海华东电子仪器厂制造的,输出功率 75 W,该电源的电压在实验时保持 300, 600 和 700V 三个数值。改变频率从 0 到 15 kHz,水流过电场的速度为 0.16 m/s,水温 $T = 12.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$,用长春市自来水和地下深井水。电水形成后 20 分钟开始测浮力。测试时间为 1984 年 10 月 18 日到 1984 年 10 月 21 日,重复性实验进行六次,曲线都带有极值,表 4 是在电压 600 V 下的一组数据。

浮力和电场频率之间关系曲线见图 2。

5. 电水时间效应的测定

水被电场处理后,物理性质发生变化所持续的时间称为电水的时间效应。对磁化水的时间效应,国际、国内有许多学者已研究过^[4,5],国

表 4

电场频率 (Hz)	电水浮力 (g)	普通水浮力 (g)	电水比普通水浮力增加量 (%)
50	4.58735	4.42560	3.4
100	4.56570	4.42560	3.2
500	4.44455	4.42560	0.43
1000	4.42900	4.42559	0.077
5000	4.42905	4.42560	2.4
7000	4.59322	4.39562	4.5
10000	4.53290	4.42560	2.3
15000	4.64578	4.42561	4.9

内对磁化水的时间效应也意见不一,用布里渊

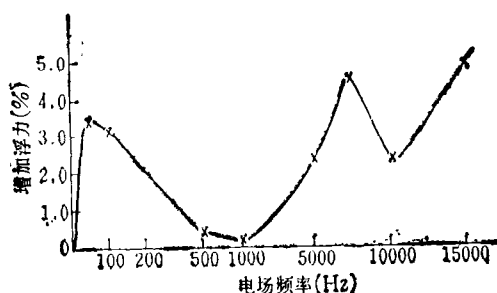


图 2

散射方法测得的磁化水的时间效应,大约为 30 分钟^[3],有的认为更长,并且时间长短和温度有关。关于电水的时间效应国际、国内还没人专门研究过。

研究电水的时间效应,主要为实际使用电水提供依据,譬如说,知道电水在那个期间起作用,便可以解释电水和物质相互作用随着时间的变化情况。

用电水相对于普通水浮力变化大小,作为电水效应好坏的标准。七次重复性的实验表明,高频电场处理的电水时间效应较低频高压电场处理的电水时间效应为长。表 5 是高频电场处理的电水测试数据。

表 5

形成电水后测试时间 (min)	电水浮力 (g)	普通水浮力 (g)	电水比普通水增加浮力量 (%)
0	0	0	0
35	3.73094	3.73010	0.020
125	3.71470	3.70764	0.19
185	3.68229	3.68192	0.010
470	3.65115	3.57232	0.0020
530	3.57257	3.57232	0.0010
720	3.57257	3.57235	0.0010

测试条件:水流速 $v = 0.745 \text{ m/s}$; 水温 $T = 18.0 \pm 0.3^\circ\text{C}$; 电场频率 3.5 MHz; 用长春市自来水。测试时间为 1984 年 9 月 21 日,电水的浮力和时间关系见图 3。

从图 3 可以看出,30—180 min 期间电水的浮力变化显著,180 min 后,曲线缓慢变化较

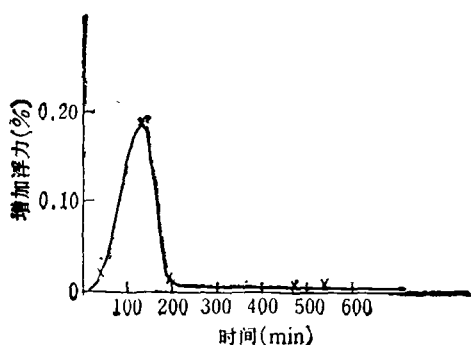


图 3

长一段时间。

二、实验结果的分析

1. 从实验可知,电水比普通水的浮力普遍增加,这表明电水的密度比普通水的密度大,我们认为电场破坏了水分子集聚成的大分子集团(cluster)的氢键^[6],同时水中杂质的颗粒也可能变小。

2. 实验上测得的浮力和水流过电场的速度关系曲线是有极值的,这一点和磁化水的情况相似^[5],这说明,在电场等固定的条件下,对应某一特定速度,电水效应最好,这给制造电水器提供了实验依据。

3. 实验上测得浮力和电场频率之间的关系(见图2)在某一频率下,曲线上出现极值,这可能是因为在,在该电场频率下浮力变化大是从电场中吸收了能量,从而使水分子集团(H₂O)_n中的氢键破坏。当然,机理究竟是怎样的,尚应进一步探讨,但是本实验是有意义的。

4. 从实验上测得的浮力和时间关系曲线看,浮力变化最大的范围是在180 min以内,我们测得的磁化水浮力变化最大范围是40 min以内;四川大学物理系周仲壁等同志,用布里渊散射方法测得的磁化水,在40 min以内磁化效应变化最大。磁化水和电水的时间效应相比较,可以明显看出,电水效应变化大的范围持续时间较长,是磁化水的4.5倍;电水效应在峰值处变化0.2%,而磁化水效应在峰值处变化是0.03%,显然电水的效应(峰值)是磁化水效应(峰值)的七倍左右,这充分说明电场处理水比磁场处理水密度变化大。我们在调合水泥混凝土的实验中知道,电水调合的水泥混凝土比普通水调合的水泥混凝土增加强度25%左右,而用磁化水调合的水泥混凝土增加强度15%左右^[5],这也反映了电水效应比磁化水效应好。

至于电水时间效应的机理问题,特别是浮力变化大的范围和缓慢变化范围和水分子及水中杂质储能的时间长短有何关系,还需要从实验和理论上进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 新潟ウオシントン株式会社,化学装置,15-4(1973),99.
- [2] 土夫,电磁现象与应用,江西人民出版社,(1982),91.
- [3] 周仲壁等,物理,13-2(1984),90.
- [4] 毛钜凡等译,磁化水,计量出版社,(1982),121.
- [5] В. И. Классен, О Магнитивание Водных Систем, Москва Химия, (1982), 125.
- [6] George Nemethy et al. *J. Chem. Phys.*, 12(1961), 3382.

1986 年 第 9 期《物理》内容预告

物理内容丰富的真空(彭宏安);热释电效应在物理学基础研究中应用的进展(肖定全);集团离子束成膜技术(郭华聪);电场处理水调合水泥石提高早期强度的实验研究(韩中凡等);自扫描一维光敏二极管阵列(梁培辉);自扫描光敏二极管阵列探测器的性能和使用(刘竟青);微通道板(张多明);电荷耦合器件——

CCD(骆天相);无窗口象增强器(朱国民);象管(田金生);光电管(I)(金圣经);侧窗式真空光电管(韩秀娥);测定普朗克常数的光电管(周荣楣);地物波谱(吕斯骅);图象增强(刘政凯);固体量子振荡的发现和电子费米面的研究(何豫生等);象玻璃的晶体(童莉泰);磁性X射线散射(周文生)。