

氢氧化铁溶胶电泳实验的研讨

刘建华, 沈志农, 龚文强, 肖利, 胡洵璞

(湖南工业大学 冶金工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 为改进电泳实验使之更适合本科实验教学, 采用了渗析法和络合法处理氢氧化铁溶胶, 分别作电泳实验, 测量出电泳速率并计算出 ζ 电势值。实验结果表明: 用渗析法对氢氧化铁溶胶进行净化后得到的 ζ 电势值在43~48 mV之间, 采用此方法得出的数据较准确并且重现性好; 采用尿素对氢氧化铁溶胶络合法处理后得到的 ζ 电势值在32~47 mV之间, 该方法操作简单快捷而且实验成功率较高。由此说明这两种方法对实验结果的影响均不大, 因此采用尿素络合法更适合学生做实验。

关键词: 电泳; 渗析; 络合

中图分类号: O6-339

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2010)05-0098-03

Discussion and Study on Electrophoresis of Ferric Hydroxide Sol

Liu Jianhua, Shen Zhinong, Gong Wenqiang, Xiao Li, Hu Xunpu

(School of Metallurgical Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: In order to improve electrophoresis test for the undergraduate, the electrophoresis rates are measured and its ζ potential values are calculated by methods of dialysis and complex for ferric hydroxide solvent respectively. The experiment results indicate that ζ Potentials values are obtained between 43 ~ 48 mV after purification for the ferric hydroxide solvent by the dialysis method, which are more accurate and repeatable, ζ potentials values are obtained between 32 ~ 47 mV after the complex method for the ferric hydroxide solvent with urea, this method is simple and also higher chance of success. It shows that the two methods on the experimental results have little difference. Therefore, the complex transacting with urea is more suitable for students.

Keywords: electrophoresis; dialysis; complex

0 引言

采用电泳方法测定溶胶的 ζ 电势是物理化学教学实验中的重要实验项目, 通过该实验使本科生加深了对胶体的动电性质的理解。胶粒表面由于电离或吸附粒子而带电荷, 在胶粒附近的介质中必定分布着与胶粒表面电性相反而电荷数量相等的离子, 因此胶粒表面和介质间就形成一定的电势差。由溶剂化层界面到均匀液相内部的电势差叫做电动电势即 ζ 电势, 是表

征胶粒特性的重要物理量之一, 本实验根据电泳现象对电动电势进行测定。

利用氯化铁溶液的水解制备 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶, 由于溶胶受诸多因素(如: 溶胶中胶粒形状、表面电荷数量、溶剂中电解质的种类、离子强度、pH值、温度和所加电压等)的影响^[1], 因此, 对氢氧化铁溶胶的处理方法对电泳速率有重要的影响^[2]。为了去掉多余的离子溶胶, 需要进行较长时间的渗析纯化才能用于电泳实验, 此外, 进行电泳实验时经常遇溶胶与辅助液间界面模

收稿日期: 2010-07-01

基金项目: 湖南工业大学精品课程基金资助项目(湖工大教字[2010]6-8)

通信作者: 刘建华(1959-), 男, 湖南衡阳人, 湖南工业大学教授, 博士, 主要研究方向为冶金物理化学及湿法冶金工艺学,

E-mail: liujh070601@sohu.com

糊和两极间界面移动距离相差较大等问题, 且珂罗酐透析袋制作和使用过程中易损坏, 因此该实验耗时长, 不易获得满意的实验效果。为了解决实验中存在的这些问题, 笔者尝试了利用尿素络合法^[3]对 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶进行处理, 并与渗析纯化法的实验结果进行了对比。

1 实验

1.1 渗析法处理 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶

1.1.1 胶体制备

将 1.0 g 无水 FeCl_3 溶于 20 mL 蒸馏水中, 在搅拌的情况下将上述溶液滴入 200 mL 沸水中 (控制在 4 ~ 5 min 内滴完), 然后再煮沸 1 ~ 2 min, 放置冷却, 即制得 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶^[4]。

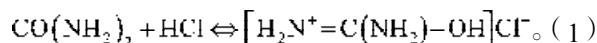
1.1.2 渗析纯化

先用棉胶制备出珂罗酐袋。然后将冷至约 50 °C 的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶转移到珂罗酐袋中并放入约 50 °C 热蒸馏水中渗析, 约每 20 min 换水 1 次, 直到溶胶的电导率在 15 ~ 30 $\mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ 中的某一数值。

1.2 络合法处理 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶

1.2.1 胶体制备和络合处理

按 1.1.1 所述方法制得 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶, 取其中的 100 mL 溶胶, 加入尿素使其溶胶的电导率与渗析纯化法的电导率相等, 加入尿素后能络合一部分多余反离子 Cl^- , 促进胶体稳定, 其反应式如下^[5]:



1.2.2 增大胶体的比重

为了使 KCl 辅助液与溶胶的界面清晰, 在溶胶内加入一定量的蔗糖, 其质量分数约为 2% ~ 4%。

1.3 实验操作及数据

KCl 辅助液的配置: 将蒸馏水滴加到 0.1 $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ KCl 溶液中, 使其电导率与溶胶的电导率一致。

电泳操作: 小心地将 KCl 辅助液和溶胶加入到 U 型管中, 直到能看到非常清晰的胶体界面。预先调节直流电源电压到 50 或 100 V, 打开直流电源通电后, 观察胶体液面的移动, 准确记录时间和界面下降的高度, 每 2 min 记录一次下降的高度数据, 记录 6 个数据。

2 数据处理

2.1 实验数据

分别采用渗析法和络合法进行实验。其中络合法又分为络合法 1 和络合法 2。络合法 1: 在溶胶中不加入蔗糖; 络合法 2: 在溶胶中加入浓度为 3% 蔗糖。实验直流电源的电压分别为 50 V 和 100 V, 在这 2 种电压下电泳移动距离如表 1 所示。

表 1 电泳实验数据 (25 °C)

Table 1 Experimental data of electrophoresis (25 °C)

电泳时间 /min	电泳移动距离 /cm					
	渗析法		络合法 1		络合法 2	
	50 V	100 V	50 V	100 V	50 V	100 V
0	0	0	0	0	0	0
2	0.21	0.48	0.19	0.52	0.16	0.48
4	0.39	0.89	0.37	0.91	0.31	0.88
6	0.62	1.28	0.49	1.30	0.40	1.27
8	0.78	1.75	0.61	1.79	0.51	1.75
10	1.02	2.12	0.71	2.16	0.62	2.12
12	1.21	2.56	0.89	2.61	0.82	2.53

2.2 实验图解

将表 1 所列的数据作图, 图 1 为电压是 50 V 下的电泳实验, 直线 1 为采用渗析法的电泳时间与电泳距离的直线关系, 直线 2 为采用络合法 1 的电泳时间与电泳距离的直线关系, 直线 3 为采用络合法 2 的电泳时间与电泳距离的直线关系。图 2 为电压是 100 V 下的电泳实验, 直线 1 为采用渗析法的电泳时间与电泳距离的直线关系, 直线 2 为采用络合法 1 的电泳时间与电泳距离的直线关系, 直线 3 为采用络合法 2 的电泳时间与电泳距离的直线关系。

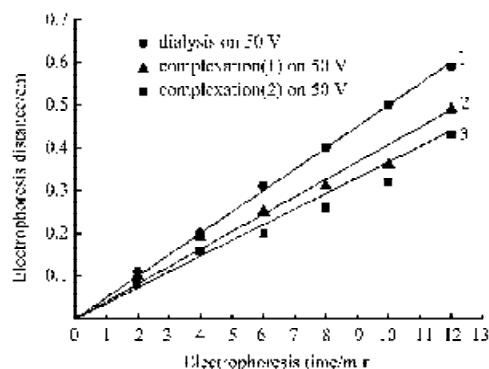


图 1 在 50 V 下电泳时间与距离直线图

Fig. 1 The line of electrophoresis time and distance at 50 V

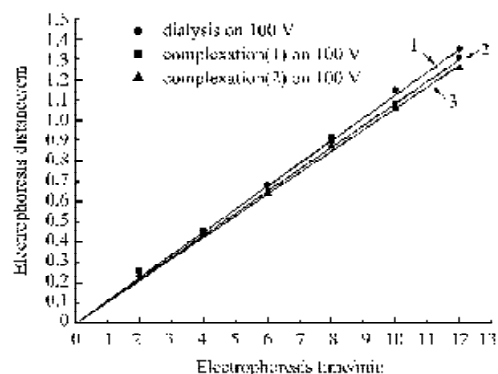


图 2 在 100 V 下电泳时间与距离直线图

Fig. 2 The line of electrophoresis time and distance at 100 V

2.3 由作图所得数据计算 ζ 值

由式 (1) 计算 ζ 电势值:

$$\zeta = \frac{4\pi\eta U}{\epsilon E} \times 9 \times 10^9, \quad (2)$$

式(2)中 ϵ 为介质的介电常数, η 为介质的粘度,均为水温25℃时的数据。 $\epsilon = 78.36 \text{ F}\cdot\text{m}^{-1}$, $\eta = 78.36 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$,将水的 ϵ 和 η 代入式(2),简化为:

$$\zeta = 1.285 \times 10^9 \times \frac{U}{E}. \quad (3)$$

从直流电源读得电压 $U(\text{V})$,沿U型管的中心线测得两电极间的距离 $l(\text{m})$,计算出电场强度 $E=U/l$ 。由图1和2知直线的斜率为电泳速率($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$),测得实验两电极间的距离0.2 m。在50 V电压下:其电场强度 $E = 250 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$;在100 V电压下:其电场强度 $E = 500 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ 。将数据 E 和 U 代入式(3)中,计算结果如表2。

表2 ζ 电势值的计算结果(25℃)

Table 2 Calculations of ζ potential (25℃)

计算值	渗析法		络合法1		络合法2	
	50 V	100 V	50 V	100 V	50 V	100 V
ζ 电势/mV	43	48	35	47	32	45

3 结果与讨论

从表2可看出:直流电压无论是在50 V或100 V下,采用渗析法处理的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶,其 ζ 电势值更接近理论参考值44 mV,说明此法数据较准确并且重复性好。但该法的缺点是需要采用珂罗酐透析袋,透析费时较长,使用热水透析一般在1~2 h,由于透析袋极易损坏导致实验失败的几率较高。

采用络合法处理 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的实验现象和结果与渗析法净化的结果无多大区别。络合法的优点是操作简单快捷,一般操作在1 min内就可以完成,而且实验成功的几率较高。该法的缺点是 ζ 电势值偏离理论参考值稍远一点。

采用络合法2时,加入一定量的蔗糖(本实验为3%),其突出的作用就是使溶胶与辅助液间界面变得十分清晰。因为加入蔗糖后使 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的比重加大,加大了溶胶与辅助液间的比重差,因而界面清晰。但是加大溶胶的比重后可能会造成电泳的速度有所降低但不很大,因此 ζ 电势值偏低。另外蔗糖是非电解质,不会影响 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶的电导率等物性。

分析表2的 ζ 电势值,电压不同会对电泳实验产生影响,电源的电压越高则电泳速度加快,测出的 ζ 电势值偏高,但 ζ 电势值还是都比较接近理论参考值。

4 结论

通过对比渗析法与络合法的实验所得出的 ζ 电势值进行分析,认为这2种方法都可以增加学生对胶体电特性的了解,由对比实验数据得出了如下结论:

1) 采用渗析法处理后的 ζ 电势值都比较接近理论参考值44 mV,而且数据较准确并且重复性好,两极的辅助液与溶胶的界面清晰,电泳时两极溶胶界面移动的距离基本相同。但实验的费时较多,且实验的过程中透析袋极易损坏导致实验失败的几率较高。

2) 采用络合法处理后的 ζ 电势值虽然与理论参考值44 mV有一些误差,但该法操作简单快捷、实验的成功率很高。

3) 在 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 溶胶内加入一定浓度的蔗糖,可以使溶胶与辅助液间界面变的十分清晰,虽 ζ 电势值偏低但是不很大,对于初次做次实验的学生而言确有很大的益处。

4) 直流电源的电压越高会导致电泳速度加快,使得测出的 ζ 电势值偏高,但还是在合理的范围内,因此采用多大的电压还是应该根据具体实验而定。

参考文献:

- [1] 傅佩玉,李庆明,于网林,等.凝聚法制备氢氧化铁溶胶的研究[J]. 济南大学学报:自然科学版,1992,6(3): 40-43.
Fu Piyu, Li Qingming, Yu Wanglin, et al. Study on Preparation of Iron Hydroxide Colloid With Coacervation Method[J]. Journal of University of Jinan: Natural Science Edition, 1992, 6(3): 40-43.
- [2] 刘勇跃,贾翠英.氢氧化铁溶胶电泳实验的改进研究[J]. 实验室科学,2008,6(5): 85-86.
Liu Yueyong, Jia Cuiyin. Study of Improvement on Experimental of Ferric Hydroxide Sol Electrophoresis[J]. Laboratory Science, 2008, 6(5): 85-86.
- [3] 陈书鸿,莫春燕.氢氧化铁胶体电泳实验的改进[J]. 中国西部科技,2008,7(28): 13-14.
Chen Shuhong, Mo Chunyan. Experimental Improvement of Ferric Hydroxide Sol Electrophoresis[J]. Science and Technology of West China, 2008, 7(28): 13-14.
- [4] 东北师范大学.物理化学实验[M].2版.北京:高等教育出版社,1998: 253-255.
Northeast Normal University. Physical Chemistry Experiment [M]. 2nd ed. Beijing: Higher Education Press, 1998: 253-255.
- [5] 谢祖芳,陈希慧,晏全.对氢氧化铁溶胶电泳实验改进的研究[J]. 玉林师范学院学报:自然科学版,2001,22(3): 83-84.
Xie Zufang, Chen Xihui, Yan Quan. Improvements in the Electrophoresis of Ferric Hydroxide Sol[J]. Journal of Yulin Teachers College: Natural Science Edition, 2001, 22(3): 83-84.

(责任编辑:罗立宇)