

磁场处理水的机理的探讨

陈昭威

(天津大学物理系, 天津 300072)

磁场处理水的研究和应用已有几十年的历史。近年来在工业、农业和医学上的应用日益广泛,并获得了相当可观的经济效益。但是磁场处理水的机理问题一直没有搞清楚。多年来国内外许多学者在机理研究方面进行了不懈的努力,做了大量的试验,取得了许多宝贵的数据,各自提出一些见解和看法,其中有许多合理而科学的东西。

一、磁场处理水的主要效应

国内外有许多学者对磁场处理水的物理性质做过反复的对比试验,发现磁场处理水的渗透压、表面张力、粘滞系数、pH值、介电常数和电导率等均有不同程度的变化,而且一般来说,水溶液的变化比纯水要大些。磁场处理水对盐的溶解度有所增大;某些气体(如 O_2 和 CO_2)在磁场处理水中的溶解度也增大。而且发现磁场处理水的生物活性增加,并具有一定的杀菌效果。有关这些方面试验的文献很多,这里恕不一一列举和叙述。

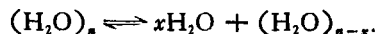
根据这些试验结果,我们赞同这种观点:磁场处理会破坏水中原来的结构,使较大的缔合水分子集团变成较小的缔合水分子集团,甚至是单个的水分子。而且我们认为,磁场处理还可以破坏水溶液中离子的水合状态,使水溶液内部结构受到更大程度的破坏,所以水溶液的磁场处理效应比纯水更显著些。

从本质上来说,是磁场处理破坏了水分子之间的氢键。究竟在磁场处理过程中水中的氢键有没有被破坏?水中的氢键是如何被破坏的?这是解决磁场处理水机理问题的关键,也是不同学说争论的焦点。本文围绕这个问题展开讨论。

二、水中的氢键有没有受到破坏?

我们认为磁场处理过程中水分子间的氢键受到了破坏。氢键是水分子间最强的作用力,只有氢键受到破坏,才会引起水内部结构大的变化。许多研究人员和实际工作者持这种观点,并以此去解释实验现象和使用中的问题,但是还说不清楚氢键在磁场作用下是如何断开的。尤其是解释不了磁场对水所做的功与氢键键能之间巨大的能量差别。(据计算^[1],磁场强度为100mT时,磁场对水做的功仅为 $0.105 \times 10^{-6} \text{ J/mol}$,而氢键的键能为16—25 kJ/mol.)

其实,这种能量上巨大差别的问题也是以解释的。我们不能机械地将存在于水中的氢键看作是象化学键那样固定不变的作用力。氢键是一种分子间的力,在液态的水中,它处于一种不停地断开、结合的动态平衡中:



氢可在这个动态平衡中,一方面缔合的水分子集团中不断有一些氢键断开,有一些水分子脱离这个缔合集团;另一方面,又有一些水分子结合上去,在它们之间形成新的氢键。这个动态平衡所需要的能量,是由水分子的热运动所提供的。美国化学家 R. T. 莫里森指出^[2]:在室温下,由分子热运动的碰撞,就足以提供克服势垒

为 25 kJ/mol 所需的能量。而磁场在这个过程中是有利于平衡向右移动的条件。

我们认为有一些试验可以用来证明，磁场处理水时使其中的一部分氢键断开。

先来看看水的紫外吸收光谱的变化。纯水和水溶液随着温度的升高， $[H_2O]$ 中的氢键逐渐破坏，紫外光的吸光度 A 逐渐增加（见表 1）。因为加热使水分子热运动加快，使 $[H_2O]$ 中的氢键被破坏，成为较小的分子团或单个的水分子。

表 1 水溶液紫外吸光度随温度的变化^{[2]*}

温 度 (°C)	λ_{max} (nm)	吸光度 A (%)
21.0	193	8.3
22.5	193	11.0
25.0	193	14.5
26.5	193	21.5
32.0	193	34.0
50.0	193	58.0

* $CaCl_2$ 溶液、浓度 138 mg/l.

国内外有一些研究人员通过试验发现：当温度一定时，磁场处理水在紫外光波段的吸收增加。如吉林大学王树青等人^[3]的试验表明：18.1°C 时，磁处理后的蒸馏水在 189 nm 处的吸光度，比磁处理前增加了 22.2%；而水溶液（ $CaCl_2$ 溶液）磁处理后紫外光吸收变化更为明显（见表 2）。当浓度为 800 mg/l 时，吸光度增加了 96.4%。

表 2 水和水溶液的磁致吸光度的变化*

溶液的 浓度 (mg/l)	磁 处 理 前		磁 处 理 后		吸光度的 变化率 (%)	磁处理后 测试的时 间 (min)
	λ_{max} (nm)	吸光度 A (%)	λ_{max} (nm)	吸光度 A (%)		
蒸馏水	189	1.8	189	2.2	22.2	20
281.3	193	3.7	193	4.6	24.3	20
475.5	193	2.5	193	4.0	60.0	20
500.0	193	2.7	193	4.7	74.1	20
800.0	193	2.8	193	5.5	96.4	20

* 18.1 °C, $CaCl_2$ 溶液.

新疆石油局油田工艺研究所罗四海等人，对油田的井水做磁处理前后紫外波段吸光度的比较，发现从 190 nm 到 290 nm，整个波段磁处理后的吸光度均增加了。当加进不同浓度的非离子活性剂 AE 1910 后，吸光度变化更为明显（见图 1）。

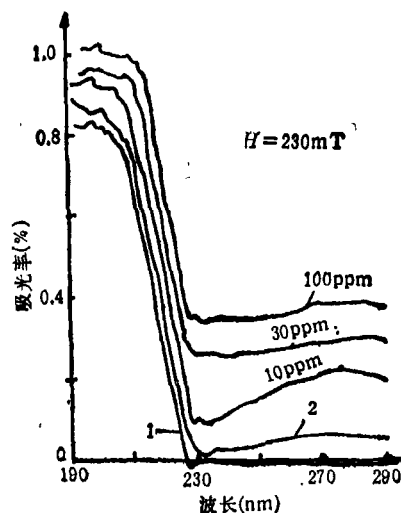


图 1 油田井水磁处理前后紫外吸光度的比较
1 为井水；2 为磁处理后的井水；其余三条曲线为
加 AE1910 和磁场处理后的井水

从上述试验中可以看到，在一定温度下，水和水溶液经磁场处理后其紫外吸光度的变化，与水和水溶液升温时紫外吸光度的变化是一样的，因此我们有理由相信，磁处理与升温一样，可以使水中的氢键断裂，使水内部的结构受到破坏。虽然“在紫外光区域内吸收光谱决定于原子核外电子层的激发程度，但是同时也决定

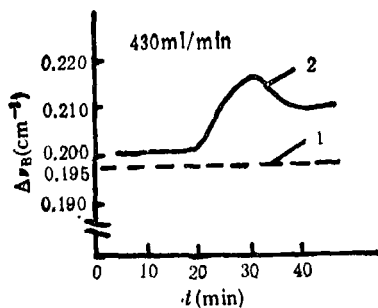


图2 自来水布里渊散射频移的变化
1 为磁处理前；2 为磁处理后

于物质的键结构、温度和结构状态”。当温度不变时，磁处理又没有使物质的键结构发生变化，那么就只能是分子间结构状态发生变化，才导致紫外吸光度的变化。

此外，还有一些试验可以证明磁场处理使水内部的结构发生了变化。四川大学周仲壁等人的试验表明^[4]：由于磁场的作用，使水的布里渊散射频移发生了变化(见图2)。作者认为，只有水的结构改变了，才会改变超声在水中的传播速度。

又如张敬贵、徐凤仪的试验表明^[5]，磁场处理水的渗透压明显上升。他们所用的自来水的渗透压为 95.75 mm H₂O，而磁处理后渗透压升至 106.94 mm H₂O，升高了 11.2 mm H₂O。如果水的结构没有变化，较大的缔合水分子集团没有断裂成较小的缔合集团和单个的水分子，水的渗透压是不会有如此明显的变化的。

三、磁场处理对水合离子的作用

磁场处理水时，不但使水本身的结构起变化，而且也使存在于水中的水合离子和水合分子受到程度不同的破坏，结果是使水溶液的磁处理效应比纯水更显著。

大家知道，溶解在水中的离子和分子，一般是以水合离子和水合分子的形式存在。这里主要讨论水合离子受磁场作用的情况。

当水合离子以一定的流速通过磁场时，会受到洛仑兹力的作用，做螺旋式的圆周运动，并且正、负离子旋转的方向正好相反。据计算^[6]，

水合离子在磁场中流过时，旋转的次数还相当高。如 Ca²⁺ 以 0.5 m·s⁻¹ 的流速，通过 1.6 cm 长的磁场时，就旋转 2×10³ 次。

从已为大家广泛接受的 Frank 和 Evans^[7] 的溶剂化分层模型来看，紧靠中心离子的一层水分子，在离子电场的作用下，与离子牢固地结合在一起，叫做化学溶剂化。较远一些的水分子受离子的吸引较弱，这一层水分子的数目是随温度而改变，不是固定的，叫做物理溶剂化。水合离子在洛仑兹力作用下高速旋转，必然会将物理溶剂化层内水分子间的氢键扭断，将这一层水原来的结构搅乱。如果磁场足够强，并且流速也与之相匹配时，就会将化学溶剂化层的水分子也甩出去，使得离子从水合状态中“解放”出来。并且因正、负离子在磁场作用下做相反方向的旋转，这样正、负离子直接相互碰撞和结合在一起来的机会就大大增加，在溶液中生成大量的微晶。当这些微晶长大到超过临界晶核时，就会成为许多结晶中心。

当磁场处理水的温度不断升高时，会不断地有 Ca²⁺、CO₃²⁻ 从水合状态中解脱出来，并且因 CaCO₃ 的溶解度随温度升高而降低，溶液中过饱和的 Ca²⁺ 和 CO₃²⁻ 就会不断地结晶到悬浮在水中的结晶中心上去，而用不着远距离地跑到锅炉管壁上去结晶，这就是磁场处理水能防垢的主要原因。这种结晶特点已被许多研究人员注意到，吉林大学王树春等人用蒸馏水加 CaCl₂ 制成溶液，磁化后放置一段时间，观察到溶液有“丁达尔”效应^[8]。中国科学院金属研究所的耿殿雨、赵志刚和孙校开^[9]用佳木斯石油化工厂冷却水做磁处理试验，当水温从 12℃ 升至 26℃ 时，用 200mT 处理的水样变黄，有沉淀析出；再升温，用 150mT 处理过的水样变黄，有沉淀析出；而未经磁场处理的水样升温至 88℃，才变黄、出现沉淀。他们认为这是由于磁场处理过的水中弥散分布着大量的微晶的结果。中国科学院上海硅酸盐研究所的郭常霖、吴毓琴的试验表明^[9]：水流经磁场后一个直接的变化是，使 CaCO₃ 在水中自发成核的数目大大增加。他们认为，磁处理水的防垢作用是靠触发

水中大量的成核,并在水中不断地生长,从而减少在锅炉壁上生成水垢来达到的。所以,磁处理水不是使 CaCO_3 不易结晶而是容易结晶了,只是结晶的场所不同而已。

如果我们从较新的溶剂化理论来看,也可以很清楚地看到氢键是如何断开的。1971年 Burton 和 Daly^[10] 提出较浓溶液中离子溶剂化的氢键理论,他们认为离子的溶剂化主要是由于离子和极性溶剂分子间氢键作用的结果。因为离子电荷的影响,通过氢键可以比静电作用传递到更远的距离。水化离子上的水分子通过

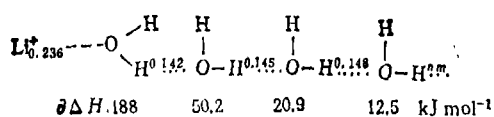


图3 锂离子的氢键水链示意图

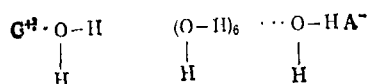


图4 离子溶剂化的氢键理论模型
 G^+ 代表正离子, A^- 代表负离子

氢键连成链状,即水分子链(见图3)。他们认为第六个以外的水分子才是正常的水分子。

对于 $0.1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ 的 1:1 价的电解质溶液,在正负两个离子之间,通过氢键平均结合着 8 个水分子(见图4)。

很明显,在水溶液通过磁场时,受洛仑兹力的作用,正负离子做相反方向的旋转时,就必然会将连接在它们之间的氢键扭断,使得水溶液内部的结构跟原来大不一样。

[1] B.И. 克拉辛著,毛钜凡等译,磁化水,计量出版社,(1982),80,16,32.
 [2] R.T. 莫里森, R.N. 博伊德,复旦大学化学系译,有机化学,科学出版社,(1982),14,6.
 [3] 王树春等,中华物理医学杂志,10(1988),28.
 [4] 周仲壁等,物理,13(1984),91.
 [5] 张敬贵,徐凤仪,中华物理医学杂志,11(1988),132.
 [6] 朱鼎一,外磁式除垢器及应用,山西科学技术交流中心,(1985),111.
 [7] H.S.Frank, M.W.Evans, *J.Chem. Phys.*,13 (1945), 507.
 [8] 耿殿雨等,磁能应用技术, No. 1(1989),6.
 [9] 郭常霖,吴毓琴,物理,12(1983),702.
 [10] R. E. Burton, J. Daly, *Trans. Faraday Soc.*,67 (1971),1219.

国际电工委员会超导专门技术委员会 (IEC/TC90) 成立

IEC/TC90 是国际电工委员会 (IEC) 第 90 技术委员会 (TC90) 的简写,它是一个关于“超导电性”的专门技术委员会,成立于 1989 年 6 月 13 日。由于高温超导体的出现,超导领域的研究工作极其活跃,极需建立这方面的标准。IEC 的一个专门小组在东京举行会议,提出了 TC90 的工作范围。日本承担了 TC90 秘书处的任务。

1990 年 5 月在日本东京举行了 TC90 的第一次会议,有七个国家的 13 位代表参加。会议由 TC90 的主席 Dr. Robert A. Kamper (美国国家技术研究所、联邦商业部)主持,讨论和决定了 TC90 的工作范围,决定成立两个工作组和每二年举行一次会议。

1. TC90 的工作范围

TC90 专门处理和研究与超导材料和装置有关的技术方向、技术问题和技术标准等。所有超导体都包括在内。标准化的项目为

(1) 术语和定义;(2) 测量:(a). 原材料(包括用于超导体和实际装置的材料),(b). 线材、体材和薄

膜;(3) 材料特性:(a). 原材料,(b). 线材、体材和薄膜;(4) 设备和装置性能以及试验特性。

2. TC90 的两个工作组

(1) 工作组 I(WG1) 为“术语和定义”工作组,其任务是为高、低温超导电性准备术语和定义。参加此工作组的国家已有澳大利亚、比利时、捷克、法国、日本、波兰和英国。秘书为日本技术中心的 Dr. Rikuo Ogawa。参加人员已有十人。

(2) 工作组 II(WG2) 为“测量”工作组。其任务为:(a) 建立低温超导体的电、磁、机械和热性质测量方法的标准,(b) 提出高温超导体的电和磁特性测量指南。参加国家已有澳大利亚、比利时、捷克、法国、日本、波兰和英国,秘书尚缺,参加人员已有 11 人。

我国国家技术监督局决定国家超导中心为 IEC/TC90 在我国的技术归口单位。国家超导中心将积极推动我国在超导电性方面的国际标准化工作。

(邓廷璋)