

在静磁场作用后水的光学特性的改变

邓 波 庞小峰*

(电子科技大学生命科学与技术学院, 成都 610054. * 联系人, E-mail: pangxf2006@yahoo.com.cn)

摘要 采用红外光谱、紫外光谱和 X 射线衍射技术研究了在静磁场作用下水的光学特性的改变. 用傅里叶变换红外光谱仪测得经磁场处理的水具有饱和效应与记忆效应, 即磁场处理时间越长, 磁场对水的影响越强, 但在中止外加磁场后, 这种影响逐渐减弱直至消失. 同时, 磁处理后的水在中红外区的红外光谱的吸收强度有明显变化, 在 $5500\sim 4000\text{ cm}^{-1}$ 的近红外区也有同样的变化; 磁处理后水的紫外光谱在 200 nm 附近的吸收明显增强; 其 X 射线衍射结果表明磁场处理后的水的衍射强度也有一定增加, 在磁处理水中加入具有磁性的纳米四氧化三铁后, 其衍射谱发生了谱线的移动和峰值的增加, 这清楚地表明水经磁场处理后具有一定磁性. 利用水的磁化理论和磁场与物质的作用特点简明地解释了经过磁场处理后水的红外光谱、紫外光谱与 X 衍射谱所发生的这些变化.

关键词 静磁场 水 红外光谱 紫外光谱 X 射线衍射

水是地球上最重要的物质之一, 与人和动植物的生存息息相关, 是生命存在的基础. 但水的许多性质至今未得到清楚的认识, 其中在磁场作用后特性的改变就是一个典型的例子. 自 20 世纪中期以来, 许多人研究得知水在磁场作用下能被磁化^[1~7], 虽然这种磁化效应较小. 经磁场处理后的水的许多特性如介电常数、折射率、挥发性和表面张力等都会发生改变. 利用这些特性的改变, 将它应用于锅炉的除垢等方面^[8~10]. 虽然对于水的磁化特点及机理的系统研究迄今还不多, 对其机理和本质认识不深, 阻碍了“磁化水”的研究和应用, 但一些相关研究对了解水的磁化机理及特点很有帮助. 文献[11]得到了描述铁磁性纳米导线中通过自旋-极化流进行非线性磁化的孤波解, 并指出孤波沿轴向传播; 文献[12]研究了铁磁流体在磁场作用下的非线性电介反应; 文献[13]研究了稳定磁场作用下水在固体表面的吸附与脱吸附变化; 文献[14]则利用分子动力学模拟法研究了外部磁场对水分子结构的影响. 为了进一步认识磁场对水作用的本质和特点, 有必要作更深入的研究. 我们研究认为磁场对水的作用是一个非线性问题, 并从水分子结构出发, 提出了磁场对水作用的机理, 并建立了磁化理论^[15]. 在这种情况下, 非常有必要对磁处理水的特性作广泛深入的研究. 由于水分子对不同频率的光都有较明显的反应, 所得的各种光谱的精度和可信度也较高, 有些光谱可以直接用来探测水分子的结构和分布及其变化, 所以本文利用红外

光谱、紫外光谱和 X 射线衍射技术研究了水在静磁场作用下光学特性的改变, 得到了一些新结果.

1 实验

1.1 实验仪器

Nexus670 傅里叶变换红外光谱仪(美国 Thermo Electron Corporation), 配备附件有多重衰减水平全反射附件(ATR)、CaF 分束器、KBr 分束器、DTGS 检测器与 InGeSn 检测器; 紫外光谱仪 UV-2201(日本岛津公司); X 射线衍射仪(北京普析仪器公司). 所使用的静磁场的磁感应强度为 4400 Gs .

1.2 实验方法与测试参数

() 紫外光谱实验. 紫外光谱采用石英液体池透射法, 测量范围为 $190\sim 400\text{ nm}$, 光程 1 cm , 缝宽 $0.2\text{ }\mu\text{m}$, 测量温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. 测试用的磁处理水采用如下方法制备: 将装有一定量的蒸馏水的玻璃烧杯置于磁感应强度为 4400 Gs 的钕铁硼磁铁的磁场中. 经过一定时间磁场处理后, 将它注入石英液体池至刻度, 迅速采集光谱. 蒸馏水为对照组, 按上述方法采集光谱.

() X 射线衍射实验. X 射线衍射实验的测量参数: 快速扫描, 步宽为 0.02° ; Cu 靶; 管压 40 kV ; 管流为 30 mA ; 测量温度 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. 用 X 射线衍射仪测量磁处理水和蒸馏水的具体方法为: 将装有 10 mL 蒸馏水的玻璃烧杯置于磁感应强度为 4400 Gs 的钕铁硼磁铁磁场中, 作用 5 h 后将磁处理水注满石英皿, 迅速采集光谱. 蒸馏水为对照组, 按上述方法采集光谱.

() 红外光谱实验. 近红外光谱测量使用多重衰减全反射 ATR 附件, 测量范围 $5500\sim 4000\text{ cm}^{-1}$, 分辨率 4 cm^{-1} , 测量温度 20°C , 测量采用 16 次扫描叠加平均. 具体方法为: 将 2 mL 蒸馏水在 ATR 附件的 Ge 晶体上铺展开, 将磁感应强度为 4400 Gs 的钕铁硼磁铁置于 ATR 附件的样品池上, 磁力线垂直通过水平面, 在磁场作用不同的时间后进行光谱采集.

中红外光谱测量采用 ZnSe 透射池法采集光谱. 测量范围 $400\sim 4000\text{ cm}^{-1}$, 分辨率 4 cm^{-1} , 光程为 0.0025 mm , 测量温度 20°C , 测量采用单次扫描. 具体方法为: 将装有 10 mL 蒸馏水的玻璃烧杯置于磁感应强度为 4400 Gs 的磁铁中, 在作用不同时间后用注射器将磁处理水注入 ZnSe 液体池, 迅速采集光谱.

2 结果与讨论

2.1 紫外光谱

图 1 示出了纯水和磁场处理 5 h 后的紫外光谱. 从图 1 可以看出, 水经过静磁场这段时间的处理后, 虽然在 $200\sim 400\text{ nm}$ 波长范围内, 其吸收强度无变化, 但在 $191\sim 220\text{ nm}$ 波长范围内, 吸收强度明显改变. 当波长减小时, 吸收强度近指数增加, 其增长率明显高于纯水的的情况. 在 191 nm 处, 吸收强度从 0.463 增加至 2.94, 增加了大约 6 倍. 我们知道紫外光谱是由于分子中的电子跃迁产生的. 根据我们研究提出的磁化水的机理可知 [15], 在液态水中, 许多分子通过氢键结合在一起, 从而形成不同形式的水分子链. 它们在磁场作用后改变了极化特性, 从而也改变了水分子的分布与聚集. 水分子的这种极化和聚集状态的改变影响了分子中电子的能级跃迁特性, 于是导致了它对紫外光的吸收强度的增加.

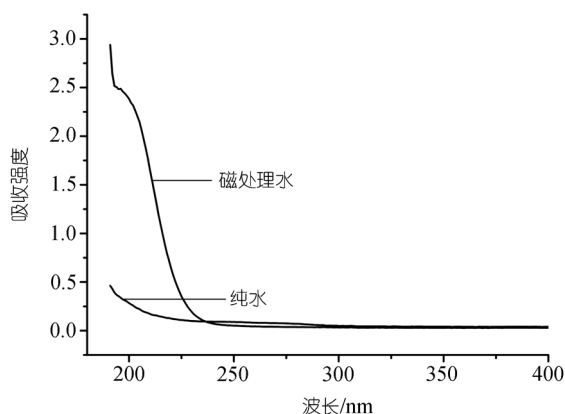


图 1 水在磁场作用前后的紫外光谱

3.2 X 射线衍射

图 2 是水和经过磁场处理 5 h 后水的 X 射线衍射结果比较. 由图 2 可见, 水的衍射强度都有一定程度的改变. 其最强峰处的衍射强度经磁场作用后由 39417 增加至 42872, 其他两个较强峰值处的衍射强度也有一定增加. 如图 2 所知, X 射线是由原子内壳层电子跃迁产生的, 观察到的衍射强度的增加说明经过静磁场处理 5 h 后, 磁场导致了包括用氢键连结而成的链状结构在内的不同结构的水分子的分布改变和聚集, 从而引起了水分子中具有磁性原子结构的变化. 在 X 射线作用于这种磁处理水时, 改变了原子内壳层电子的跃迁几率, 它的增加引起了 X 衍射强度的增大.

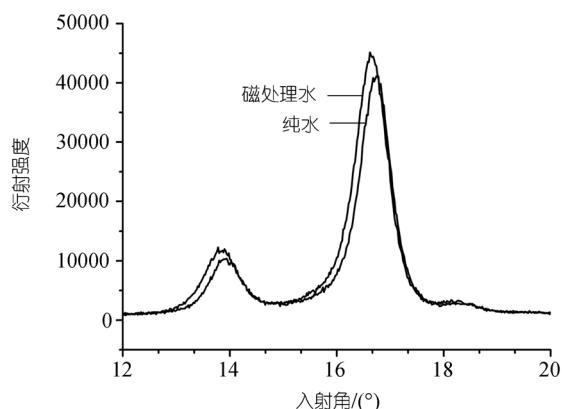


图 2 水在磁场作用前后的 X 衍射结果

为了进一步证实经磁场处理后的水具有的磁化效果, 我们将具有磁性的四氧化三铁纳米颗粒(等量的 0.2 mg)分别加入磁处理水和纯水中, 测量了它们对 X 射线的衍射强度, 结果如图 3. 由图 3 可知, 衍射峰的位置发生了明显变化, 磁场处理过的水和四氧化三铁的混合物的入射角与蒸馏水和四氧化三铁的混合物相差大约 2° , 同时前者的衍射强度相对于后者也有所增加. 此结果表明水确实被静磁场磁化了. 其原因可能是具有磁性的磁化水和磁性四氧化三铁的相互结合, 导致了内部水分子跃迁几率的改变, 才引起如图 3 所示的特性的改变.

2.3 红外光谱实验

为进一步研究静磁场对水的影响, 我们采用了衰减全反射红外光谱法和透射法测定水的红外光谱, 由此得出了一些新的实验结果. 图 4 是水在磁场处理不同时间(10, 20 min 和 5 h)后的中红外光谱. 从图 4

可见, 水经过磁场作用不同时间后, 其中红外光谱有明显改变. 与纯水比较, 磁处理过的水的吸收峰强度都增大; 同时, 随磁化时间的增加, 其吸收峰的强度也随之增强, 当磁场作用时间达 5 h 后, 水的吸收强度达到最大, 出现了平头峰, 这显然是磁化了的水的一种饱和效应的表现.

图 5 为水在磁场处理时间 0~140 min, 每 10 min 采集一次得到的在 $4500\sim6000\text{ cm}^{-1}$ 范围内的近红外光谱. 从图 5 可以看出, 水在 5198 cm^{-1} 附近的吸收强度随磁化时间的增加而增大, 但此处吸收峰所处的位置没有改变.

根据静磁场作用下水出现的 5198 cm^{-1} 峰, 在不同时间的近红外光谱的吸收强度进行曲线拟合, 可以得出在磁感应强度为 4400 Gs 情况下, 近红外光谱吸收强度依赖于磁场作用时间的变化曲线, 如图 6. 由图 6 可见, 在磁场作用后的初始阶段, 磁场对水的作用比较明显, 水的吸收强度随磁场作用时间的增

加而增大. 当水在磁场中暴露足够长的时间后, 它的吸收强度就不再改变, 磁场对水的影响到达饱和, 之后再增加作用时间, 水的光谱的吸收强度也不再改变. 这再次表明水的磁化达到了饱和状态. 当移走外加静磁场后, 这种磁化效应不会立即消失, 仍然能够保持一定的时间, 这是一种弛豫效应, 有时也称为记忆效应. 通过近红外光谱强度随时间的变化, 证实了这种记忆效应的存在. 我们测量了磁场作用 5 h 后的蒸馏水在去除外加静磁场后不同时间点的近红外吸收光谱, 从而得到了它的光谱的吸收强度随时间变化的曲线, 其结果示于图 7. 从图 7 可知, 在移走外加磁场后, 红外光谱吸收强度在初始阶段下降较快, 之后变化缓慢, 在 60 min 后, 磁处理水的吸收强度已经和蒸馏水的吸收强度基本一致. 这是磁处理过的水的弛豫效应.

3 结论

由上述实验结果得知, 经过磁场处理过的水的

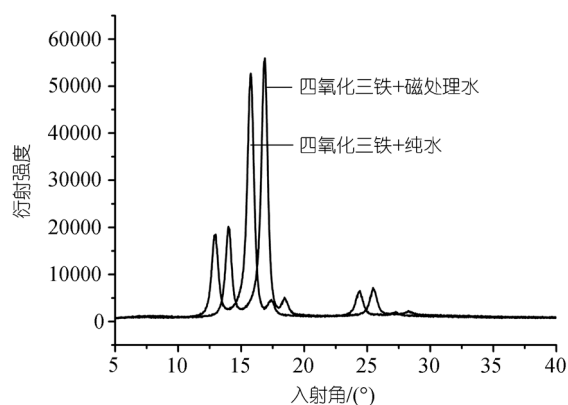


图 3 磁场作用前后水加入四氧化三铁后的 X 衍射结果

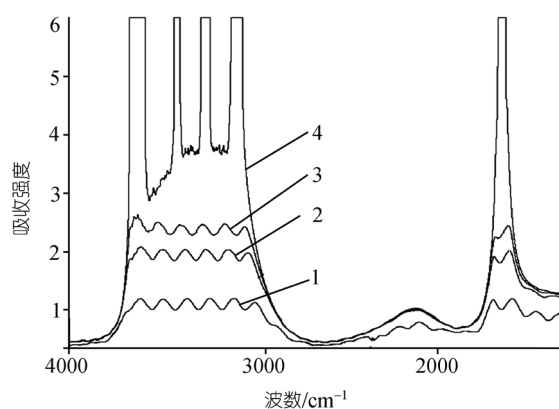


图 4 磁场作用不同时间后水的中红外光谱

1 示蒸馏水; 2~4 分别示磁场处理 10, 20 min 和 5 h 后的水

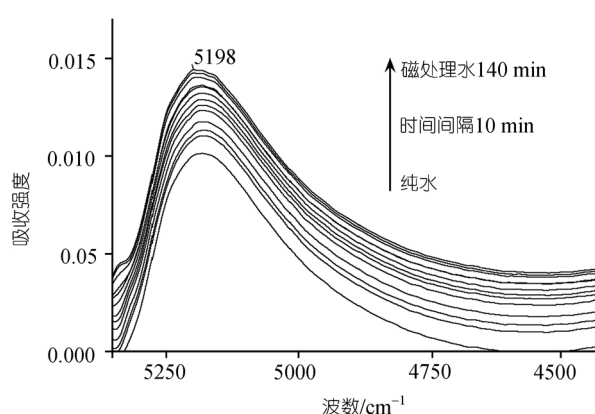


图 5 磁场作用不同时间后水的近红外光谱

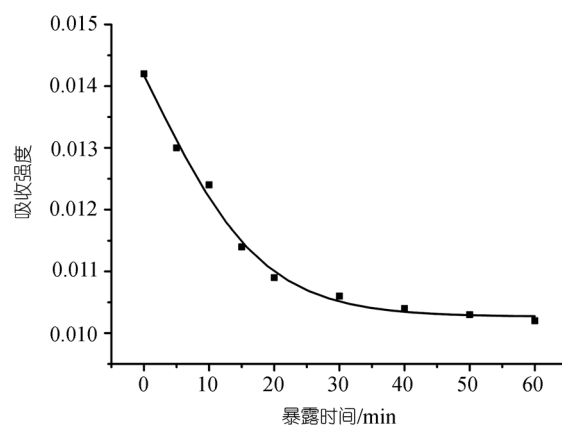


图 6 依赖于磁场处理时间的光谱强度变化图

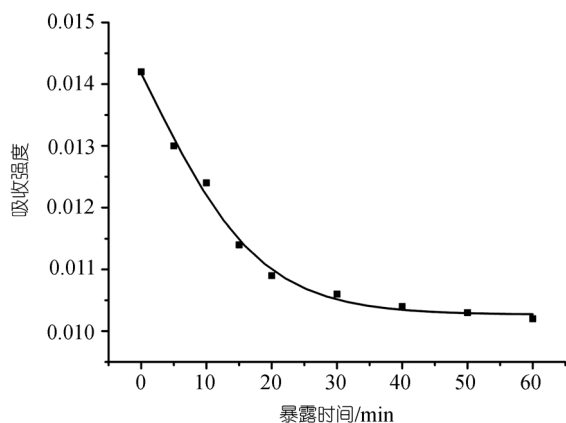


图7 去除外加磁场后依赖于时间的光谱强度变化图

紫外光谱在 191~220 nm 波长范围内吸收强度增大, X 射线衍射强度增加, 中红外光谱和近红外光谱的吸收强度也增加。同时, 静磁场处理过的水具有一个明显的饱和效应和记忆效应。从这些结果可以看出, 水在磁场作用下确实能被磁化。这是有趣的结果, 其产生的原因可能是水中的一些水分子长链或集团的极化和分布状态以及其中的原子结构等在磁场处理后都发生了改变^[14]。正是这些改变导致磁处理过的水的光谱特性出现上述变化。这些特性的变化与上述改变的关系和特点及其产生的机理值得再深入研究, 这些问题将在另一文中详细讨论。

参 考 文 献

- 1 Bour P. A cluster model of liquid water and its IR spectroscopic response. *Chem Phys Lett*, 2002, 365: 82—88[DOI]
- 2 Ohata R, Tomita N, Ikada Y. Effect of a static magnetic field on ion transport in a cellulose membrane. *J Colloid Interface Sci*, 2004, 270(2): 413—416[DOI]
- 3 Higashitani K, Oshitani J, Ohmura N. Effects of magnetic field on water investigated with fluorescent probes. *Colloids Surf A Physicochem Eng Aspects*, 1996, 109: 167—173[DOI]
- 4 Amiri M C, Dadkhah A A. On reduction in the surface tension of water due to magnetic treatment. *Colloids Surf A Physicochem Eng Aspects*, 2006, 278: 252—255[DOI]
- 5 杨达起, 杨丽莉. 水的磁化和磁化水. *生物磁学*, 2000, 3: 20—25
- 6 Higashitani K, Okuhara K, Hatade S. Effects of magnetic fields on stability of nonmagnetic ultrafine colloidal particles. *J Colloid Interface Sci*, 1992, 152: 125—131[DOI]
- 7 朱元保, 颜流水, 曹祉祥, 等. 磁化水的物理化学性能. *湖南大学学报(自然科学版)*, 1999, 26(1): 21—26
- 8 Coey J M D, Cass S. Magnetic water treatment. *J Mag Mag Mat*, 2000, 209: 71—74[DOI]
- 9 Fathia A, Mohameda T, Claudeb G, et al. Effect of a magnetic water treatment on homogeneous and heterogeneous precipitation of calcium carbonate. *Water Res*, 2006, 40: 1941—1950[DOI]
- 10 Kneya A D, Parsons S A. A spectrophotometer-based study of magnetic water treatment: Assessment of ionic vs. surface mechanisms. *Water Res*, 2006, 40: 517—524[DOI]
- 11 He P B, Liu W M. Nonlinear magnetization dynamics in a ferromagnetic nanowire with spin current. *Phys Rev B*, 2005, 72: 064410[DOI]
- 12 Licinio P, Teixeira A V, Figueiredo J M A. Non-linear dielectric response of ferrofluids under magnetic field. *J Mag Mag Mat*, 2005, 289: 181—183[DOI]
- 13 Ozeki S, Miyamoto J, Ono S, et al. Water-solid interactions under steady magnetic fields: Magnetic-field-induced adsorption and desorption of water. *J Phys Chem*, 1996, 100: 4205—4212[DOI]
- 14 Chang K T, Weng C I. The effect of an external magnetic field on the structure of liquid water using molecular dynamics simulation. *J Appl Phys*, 2006, 100: 043917[DOI]
- 15 Pang X F. The conductivity properties of protons in ice and mechanism of magnetization of liquid water. *European Phys J B*, 2006, 49: 5—23[DOI]