

磁化水

计 量 出 版 社

磁 化 水

〔苏〕 B.И.克拉辛 著

毛鉅凡 刘曼琼 王 恒 译

计 量 出 版 社

1 9 8 2

内 容 提 要

本书从理论和应用方面综合介绍了苏联和国外科学工作者在水溶液磁化处理方面的研究成果和现状。全书共分五章：第一章和第二章介绍了水和溶液的结构与性质以及磁化处理后水系的变化；第三章综合介绍了水系磁化理论的现状；第四章介绍了水系磁化处理使用的设备；第五章介绍了水系磁化技术在工业、农业、医疗、环境保护、节能等方面的应用。

本书可作为工业、农业、医学、建材、矿山以及环境保护、节能等方面的工程技术人员参考书。

磁 化 水

[苏] B.И. 克拉辛 著

毛钜凡、刘曼琼、王恒 译

责任编辑 王朋植

—

计量出版社出版

(北京和平里11区7号)

国防科委印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

—

开本 787×1092 1/32 印张 7 1/8

字数 150 千字 印数 1—15 000

1982年10月第一版 1982年10月第一次印刷

统一书号 15210·175

定价 0.96 元

科技新书目：38—182

目 录

绪论	(1)
第一章 水和溶液的结构与性质	(4)
1. 纯水的结构	(4)
2. 可溶性杂质的影响	(6)
3. 结构的松弛性	(9)
4. 磁化率	(12)
5. 水的结构及性质	(13)
第二章 磁化处理后水系的变化	(15)
1. 单相系统	(16)
光学性质, 法拉第磁光效应, 离子的水合作用, 红外吸收光谱, 磁化率, 电导率, 介电常数, 粘度, 化学反应	
2. 多相系统	(41)
表面张力和吸附, 溶解, 结晶, 聚合作用, 润湿性, 凝聚作用, 蒸发, 电化学效应, 离子交换	
3. 生物系统	(67)
第三章 水系磁化理论的现状	(78)
1. 一般概况	(78)
2. 电磁场对水系影响的可能机理	(83)
纯水性质的变化, 水溶液结构的变化, 溶解在水中的气体的作用, 水溶液中磁场对离子的作用 (未考虑水结构的变化), 磁场 对胶体铁磁微粒和顺磁微粒的作用	
3. 试验的重复性	(97)
第四章 水系电磁化处理使用的设备	(100)
1. 永磁设备	(101)

2. 电磁设备	(106)
3. 设备及其操作方法的比较	(112)
4. 设备效率的表示	(114)
第五章 水系磁化的实际应用	(119)
1. 混凝土、水泥和其它粘合物制品的生产	(119)
水泥板块的固化, 石膏及其它粘合物的固化, 混凝土的生产, 应用于其它粘合物制品的生产, 经济效果	
2. 减少锅垢和其它结垢物的形成	(130)
锅垢, 石油工业设备中的结垢, 其它沉积物, 经济效果	
3. 有用矿物的浮选	(139)
水和矿浆的磁化处理, 浮选药剂水溶液的磁化处理	
4. 悬浮液的浓缩与过滤	(152)
5. 水和空气污染的净化	(158)
水中悬浮物的净化, 离子交换, 湿式除尘	
6. 陶瓷、砖及铸造模型的生产	(168)
陶瓷的生产, 砖的生产, 铸造模型的生产	
7. 磁化处理在工业其它领域中的应用	(175)
纸张的生产, 球团矿的生产, 烧结矿, 合成纤维与橡胶的生产, 蓄电池, 触媒	
润滑冷却液体, 石油乳浊液的脱水, 苛性钠的生产, 氯气的 生产, 从矿石中浸析金属, 水力建设, 与腐蚀作斗争, 在涡 流设备中的应用	
8. 在农业生产中的应用	(193)
农作物的灌溉, 浸种, 土壤的盐碱化, 国民经济效果	
9. 在医学中的应用	(207)
结束语	(210)
参考文献	(212)

绪 论

在地球的形成和人类的进化过程中，水系（天然水和溶液）起着独特的作用。B. И. 维尔纳德斯基强调说，在地质发展过程的影响作用中，没有任何物质能够与水相比拟^[1]。虽然如此，水的研究仍未被物理学家所重视。一般认为，液体的物理学是理论物理中研究较薄弱的一环。由于忽视了对水的研究，便发生了一些无法圆满解释的现象。在一些外界作用之后，水的性质经常发生一些反常变化。我们只以下面两个例子来说明：

1. И. А. 格罗夫捷尔在放射化学领域的研究中发现，悬浮在水中的各种微细固体粒子，经放射性辐射后其电荷变化了5—10%。最奇怪的是，这种变化决定于辐射的剂量（从6至几千伦琴）且带有周期性：多次显示出电荷量或大于、或小于初始状态。对不同性质的粒子均观察到这一现象。因此认为，分散介质——水所显示的周期性的变化是重要的。而二十年前 A. O. 阿连曾明确地注意到这一现象“……意外发现的效应现在仍处于无法解释的状况^[2]”。到目前为止这个现象仍未得到解释。

2. 十多年来，Ф. А. 列特尼科夫及其同事研究了蒸馏水和天然水在黄金、白金以及钛合金制造的压力锅中，加热至300—400℃并经受这种高压作用后的物理化学性质的变化情况。经过缓慢冷却后，打开压力锅对水进行了多方面的研究。用这种方法活化的水具有强烈的异常性质，而这种性

质的消失是缓慢而自发的。经过上述处理，水中氢离子浓度明显的增加（pH 达 5.2），电导率增加达两个数量级，水的溶解性也增加了（pH 没有相应的变化）。特别奇怪的是，向活化水中加入稀盐酸最初导致碱度的升高，然后自然的变为酸性。当然，在试图解释以上的异常现象时不可不考虑压力锅壁物质成分对水污染的可能性（虽然这些杂质的作用机理仍然完全不清楚）。

虽然试验有很好的重复性和可能具有很大的实用意义，但到目前为止，这种效应仍没有得到解释^[3]。

应该注意到，水和水系是极难研究的对象。这种被称为开放的系统它们不仅与外部介质交换能量，而且也交换物质。同时，这个体系也是一个杂乱的系统，其性质不是单一的，也不具有加和性质，它的性质取决于许多完全未被揭露的因素。

法拉第注意到，磁性存在于一切物质中，并与物质的化学成份及结构紧密联系，因此，在我们的时代产生了磁化学这一学科。磁化学的发展分为两个方向——静磁学与共振磁学，因此，可应用它研究物质的性质以及加速不同的化学反应。

按照经典磁化学的概念，在具有足够高的磁化率的系统中，工艺过程的强化是在足够强的磁场作用下获得的（几千奥斯特），而且反应是在磁场中进行的。在水系的磁化处理中，这样的条件是不能保证的。强度不高的磁场在几分之一秒钟的时间内作用于水系，而且水系具有的磁化率常常是很小的。物理化学反应和过程是在磁化处理以后进行的。

水系磁化处理的上述特性为实际应用提供了极大的可能

性。如下所述，如果水系的磁化处理得到广泛应用时，可能在工业、医学、农业中起着重要的作用。但是，离开经典磁化学而建立新的理论概念，在目前的情况下仍具有很大的困难。

磁场处理水系只有在一定条件下才能更好地发展起来。各种类型电磁性辐射的作用都受到人们的注意。电磁波谱具有很宽的频率范围：从 3×10^4 至 3×10^{-2} 赫兹。目前在水系的磁化处理中，主要使用频率小于 3×10^2 赫兹的低频磁场。

水系磁化处理的历史简略叙述如下。首先在医学上发现了磁场对水性质的影响。在十三世纪，物理学家 И. 格尔休注意到磁化水的医疗作用；在1913年用俄文翻译了 G. 德维尔的书，其中有用磁化水成功地治疗伤口和溃疡的例子。在本世纪三十年代，G. 皮卡迪注意到太阳的活性影响水中氯氧化铋悬浮粒子的凝聚，这种影响与地球磁场的变化有联系。最后，在1945年比利时人 T. 韦梅朗应用水的磁化处理减少锅垢的形成，并获得了专利。虽然，这一发现很快地应用于实际，但它并未引起科学家们应有的重视。只有在苏联提出了关于磁化处理影响锅垢的沉积与水系的物理化学性质变化有联系的设想后，才有可能在许多方面开辟了对磁化水研究和应用的广阔途径。

第一章 水和溶液的结构与性质

1. 纯水的结构

水的分子结构是很清楚的(见图1)。在水分子中有 10 个电子 (5 对)。一对电子 (内部) 位于氧核附近, 剩余的四对电子 (外部) 中, 在氧核与每一个氢原子核间各有一对电子, 其余两对是孤对电子, 在四面体上方朝向氢原子核的相反方向。正是由于这两对孤对电子的存在对分子间产生氢键起着重要的作用 (见图 2)。

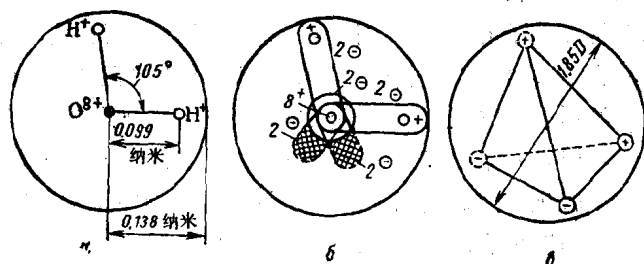


图 1 水分子模型

- a—平面模型; b—空间模型(质量与正电荷的分布和电子的排列);
c—空间模型(四面体两个正电荷和两个负电荷位置及偶极矩)

由于氢键的存在, 赋予水以特殊而易变的结构。在这一领域中, 别尔纳尔和法乌列尔^[4]开创性的工作获得了进一步广阔的发展。在许多专门著作(例如文献[5—8])中详细和系统地概括了这些研究工作。O. H. 萨马依洛夫、波林

格、弗兰克-涅麦特、沙拉格和波普尔等提出了重要的水结构模型以解释其异常性质。阿任诺从普通量子力学观点出发，论证了水分子中仅存在双聚合体态和形成环状或直线键结构的可能性。

在评价水结构的许多假说中，不能不同意 P. 霍恩的意见，即任何一种理论都不是完全满意的，任何一种理论都不是理想的^[6]。

通过许多试验数据说明，水分子结构通常采用双结构模型，在水中同时存在类冰状及紧密堆垒结构。应该注意到，不同的模型均能同样满意地描述水的基本热力学性质。大多数模型的主要缺点是利用生硬

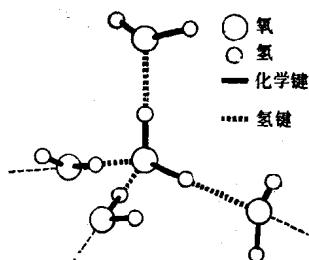


图2 水分子中氢键结构

不变的水分子图像进行过分的和没有根据的几何变化。而对分子间相互作用的形变的可能性估计不足。在最近的工作中注意到，水分子中单个原子振荡的振幅是很大的^[7]。

为了实际应用的目的，利用水结构的一般概念，以粒子近程作用而不是远程作用来说明分子间距离与取向的统计规律性。水中氢键的特性取决于带有类冰结构簇团的形成与溶解，这种结构被称为“闪动簇团”。它们的融化和分解能量不会发生明显地变化。

必须估计在水结构变化时所需要的大概能量。通常认为，氢键的破裂是水结构变化的必要前提。因为这样的变化需要消耗能量为16.7—25.1千焦耳/克分子(4—6千卡/克分子)。但是有许多重要的假设，首先是 H. 波普尔的工作证明了氢

键的破裂不是必须的。在各种外界作用(温度,压力或磁场)的影响下,导致水结构的变化,从而使键产生或大或小的弯曲(相邻水分子中心线与这些分子中的一个O—H键方向的夹角的变化)。氢键弯曲所需要的能量大大小于其破裂所消耗的能量。而同时发生角度与分子键长度变形的能的消耗较之仅有角度或仅有长度的变形更为有利^[1]。

因此认为,水结构变化中能量的消耗可能大大地小于破坏氢键所需的能量。

2. 可溶性杂质的影响

一般水中都含有杂质。甚至很小心保存的最纯的水,也会从所谓“不溶性”的器壁上溶解某些杂质而使水变得不纯。蒸馏水可能被污染,更不用说是天然水或工业用水了。

水中所含杂质,强烈地、不同形式地影响水的结构乃至其物理化学性质。水中的杂质分为两大类:呈离子状态存在于水中的电解质和呈分子形式存在于水中的非电解质。

离子对水结构的影响与水合作用有联系。可分为近水合(离子与它们最近的水分子的相互作用)与远水合——使更远的水分子极化。在离子水合理论中作出主要贡献的是O. Я. 萨马依洛夫,他发展了关于离子水合分子动力学的概念^[6]。水合的特性是,在最靠近离子周围的水分子存在的时间对在不扰动水结构时处于平衡状态的其它分子存在时间的比例关系。根据盐类溶解度和离子水合热作用的数据认为,水分子与阳离子联结时,水合热取决于它的电荷(+1、+2或+3),其值分别为42、126或420千焦耳/克分子(10、30或100千卡/克分子)。最近的研究工作认为,水合阳离子与

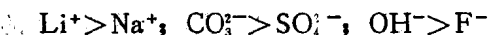
化学化合物相似。靠近的单价离子与水分子接触所需时间足有 10^{-8} 秒。

从水合中熵的变化来看，在水中出现离子时系统熵没有减少，相反，由于水结构的变形而增加了（因为水合离子未列入水的结构——氢键格子之中）。

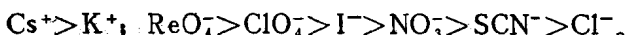
O. Я. 萨马依洛夫也引入了正水合和负水合的概念^[6]。在第一种情况下，靠近离子的水分子的平移运动减弱了，它们比在纯水中变得更少运动。在负水合中则相反，靠近离子的水分子的活动增加了。这样则形成了大体积小电荷的离子 (K^+ , Cs^+ , Br^- , S^{2-} 等)。在核磁共振、红外光谱等方法中，明显的显示出离子水合的不同性质。

按离子水合的性质，可将离子分为两大类：

(1) 自身周围水结构的调整：



(2) 自身周围水结构的“松散”



离子水合性质影响水溶液一系列基本性质——可压缩性、密度、可溶性物质的扩散系数、蒸汽压力、电导率、沸点和冰点温度、溶解特性、红外光谱和化学位移。在对磁化处理过程的研究中，观察了对超声波速度和质子磁共振线宽的影响。

离子水合程度是决定其迁移率和化学活性的基本因素之一。因此应该着重指出，水溶液的磁化处理影响离子的水合与否可能与它的作用机理有联系。

惰性气体分子可溶解于水中，围绕着这些分子（决定于

其体积的大小)能够形成不同形态的结构——冰状形态, 它们的变形决定于氢键的弯曲和结晶水合物的存在等。这些导致新型氢键的形成, 也就使水结构稳定了。

在不同压力下测定惰性气体水溶液的介电常数时, 由И. В. 马佳什证明了, 只有氦原子和氢分子在氢键没有被破坏时能置于水结构的孔穴中。氧、氩、氮气分子也能引起水结构构架的变形^[10]。由Л. 波林格所提出, 并为Г. Г. 马林科夫, X. 弗兰克和А. С. 克维斯特发展的概念得知, 在水中可能形成十二面体结构的气体水合物(20个水分子组成的十二面体), 其孔穴直径约为0.52纳米。体积相近的气体分子进入这种孔穴中, 能导致水结构的稳定。在超声波的作用下, 惰性气体能强烈地影响水中反应的进行, 这与带有巨大体积(约0.48纳米)的 H_2O_2 和 HO_2O_2 络合物进入笼式孔穴有联系^[11]。使用具有相应体积的其它填充物使笼式结构稳定是可能的。Л. И. 基斯洛夫斯基从钙离子的特殊作用论证了络合物 $[Ca(H_2O)_6]^{2+}$ 形成的可能性, 其中心为钙离子。这种络合物直径为0.516纳米, 并能很好地适合于笼式结构的孔穴。这导致形成大的介稳定离子, 显著地影响了水的结构与性质。这样的离子在水的磁化处理过程中能起一定的作用^[12]。

在含有极性基团和亲水基团*(如醇类)的易溶物质情况下, 极性部分能代替结构架中的水分子, 而亲水部分则能填补其空隙处(亲水灌输)。在非电解质分子与水分子的微弱相

* 原文 Гидрофобные радикалы 为憎水基团, 从文中意思来看应为亲水基团。——译者注

互作用中,使用亲水部分填补空隙效果可能明显。因此认为,联苯分子能按不同方式影响水的结构与性质。使用非电解质分子填补所有孔穴方能获得水结构的最大稳定性。所有这些复杂的问题将在专门文献中进行详细的讨论^[5-8]。

3. 结构的松弛性

不久前,水仍被视为均匀系统。在除去外界作用后,所有引起水性质与结构的变化应在 10^{-9} 秒内很快消失,同时系统应该自发的恢复至原状。但是,近十年来的许多数据证明了这种意见是不确切的。对于水系磁化处理的^{理解}是一个带有原则性的问题。为了分析磁化处理过程,应解决在均匀系统中热力学定律应用的可能性(有时这些定律是自发应用的),甚至在水的磁化处理作用后,进行理论分析也是如此。

引用的事实证明了,关于含有一定量杂质蒸馏水结构的松弛性。

В. И. 达尼洛夫发现了将热水冷却至略高于 0°C ,然后冷却至稍低于 0°C 时的水性质的变化。加热的温度是 $40-50^{\circ}\text{C}$;冷却最低温度是 -11.6°C ^[13](这可能与水的过冷却有联系,它取决于液相界面上结晶中心的去活化作用)。库拉希和阿桑努拉注意到,随着温度的升高,水的粘度和电导率的变化是不平稳的,而是呈现阶梯性。Л. Е. 叶凡诺夫指出,只有新鲜蒸馏水才具有这样的性质^[14](应该指出,也有的试验未证实这种关系)。

也注意到,水温升到一个新的阶段时水的核磁共振波谱是缓慢不断变化的^[15]。

Ю. А. 西科尔斯基与其合作者在高频场中,用振动法

测量了处于融化温度时融化水的介电常数（在严格恒温条件下）。在测定时数据是逐渐变化的。冰完全消失后，经过 264 秒其介电常数为 74，经过 330 秒为 79，经过 750 秒为 81 法拉每米。

介电常数的这种变化是由于水的类冰状结构逐步调整所致^[16]。

这些数据与格列依和克柳克西安克关于冰在融化后仅经过 20 分钟便达到表报中所给出的融化水磁化率稳定性的滞后数据完全一致^[17]。这一工作^[16]曾经受到怀疑，这是由于他得到的结果具有异常性而引起的。在该工作的一部份中谈到了，通常冰未完全融化时在水中尚残存有微细的冰屑（尽管它们应该很快地被融解）。

我们曾企图估计水中结构转化的速度，这样的结果不是在冰融化后而是在水蒸汽冷凝后得到的。所得到的结果证明了新鲜冷凝水密度有些升高（在形成后经过 7—10 分钟）^[18]。

A. Б. 基谢列夫利用 УРС—50 ИМ 型 X 射线衍射仪，以闪烁计数器记录衍射线，进行 X 射线结构分析，实验证明，用 Ф. А. 列特尼科夫方法活化的水具有结构松弛性。每经过 20 分钟对活化水和常用水进行衍射图像拍照，图像分析表明，在 3—5 小时内，被改变了结构的活化水逐步变化为接近原始状态的水的结构^[3]。此外，“……当每次曝光后并转化为常用水结构时，在五次连续不断的 X 射线轰击作用下，活化水加速松弛作用被固定了^[3]”。

含有杂质的水用电子自旋核磁共振法证实其具有结构松弛性。

保加利亚物理学家 А. 杰尔让斯基，B. 康斯坦丁诺夫

和Г·克利苏兰诺夫等人使蒸馏水不断地流经一个带有电磁铁的设备，然后将设备周期性地开动和关闭。从设备中流出来的水不断地流进核磁共振装置并改变其磁场频率，这样就能导致水的氢原子核进动的变化并能准确地测定被吸收的能量。表示松弛信号的数值是缓慢衰减的。松弛作用决定于质子与结构介质即水的相互作用。试验指出，经过预磁化处理后质子松弛时间增长0.1%（这是问题的实质）。O. П. 姆切德洛夫-佩特罗相，A. H. 普卢金和A. B. 乌舍洛夫-马尔沙克利用电子自旋核磁共振法测定了水结构的松弛性^[19]。测量了晶格自旋的松弛性 T_1 。用单极磁铁处理的蒸馏水由于缺乏最佳工作条件而没有显示出变化。

利用多极设备在不同磁场强度条件下（从23.8至200千安/米或300至2500奥斯特）处理天然水。在一定磁场强度下（分散数据不超过5—7%），显示出的 T_1 值发生了显著的变化（达25%）。在不同磁场强度下测得的电子自旋信号的振幅，与在一定磁场强度条件下零位场信号的振幅比例关系为最小。这种最小值的大小与位置决定于强度的变化指向什么方向——向增加方向或向减少方向。根据这个研究者的意见，“滞后过程可用水溶液结构松弛时间来解释”。

应该注意到，有的文献中指出了在地球磁场变化和机械作用后，关于水性质的某些暂时变化。C. 鲍尔季和Дж. 波佩希注意到，在机械搅拌条件下三次蒸馏水的表面张力和比电导显示出周期性的变化^[20]。

在我们的实验室中，采用表面张力和电导率微小变化的快速记录法（带统计性的）测定了在容器中搅动二次蒸馏水时这些指标的瞬时变化值。假如将水置于钢屏罩的保护下，

则不呈现出这种效应。也注意到,在水运动速度发生变化的时候,水的电导率就会发生异常变化。

因此,可以认为含有可溶性杂质的水(包括气体杂质)具有结构的松弛性。不同的杂质可能影响的机理暂时还不清楚。B. B. 杰里亚金和H. B. 丘拉耶夫认为:“暂时还不知道这与扩散动力学——离子的复合速度(单个的或混和的)或者复杂的分子结构重建过程有无联系^[21]”。但是,与水结构特性变化相联系的过程不能用均匀系统热力学来解释。在指定的频率范围内对水进行磁化处理后,水的一系列结构敏感特性缓慢的还原是不可否认的。

4. 磁化率

水和水溶液的这种特性对于磁化处理具有非常重要的意义。

众所周知,纯水是反磁性的。在20℃时,水的反磁化率为 $+0.7212 \times 10^{-6} (\pm 0.0007 \times 10^{-6})$ 。在微细的结构变化中,这一数值应该是可变的。分子间键的削弱应导致反磁性的增加。这可以通过水的反磁化率的温度系数来证实。随着温度的增高,水的反磁化率从 $-2.9 \times 10^{-6} (5^\circ\text{C})$ 增加到 $-0.62 \times 10^{-6} (70^\circ\text{C})$ ^[22],这种变化与在0℃时所观察到的冰变成水形成对比^[17]。可以认为,水的温度系数是容易研究的,但是不同的作者的数据有显著的差异^[17],这可能由于对水结构的影响因素未予以考虑所致。

温度系数变化的单一性引起了人们的注意^[22]。但是,人们注意到在30—45℃温度区域内这种单一性被破坏了^[17,23]。温度35℃被称为水的居里点,这一点决定了水结构跳跃式