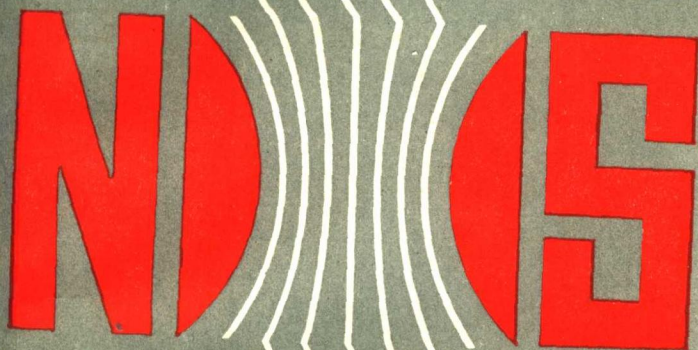


磁化水及其应用

谢绮芬 编著



北京科学技术出版社

磁化水及其应用

谢绮芬 编著

北京科学技术出版社

内 容 简 介

本书着重介绍了磁化水的特性，应用磁水器防垢的理论模型，并在总结冷却水系统中试验和使用磁水器经验的基础上，对磁水器的选择和设计进行了初步探讨；叙述了磁水器的应用范围和安装、使用注意事项，并列举了防垢、选矿、水泥制品等方面的应用实例。

本书还扼要地介绍了应用磁化水浸种、育秧、灌溉、培养木耳、饲养禽畜、改良盐碱地以及酿酒、制糖的使用情况和经济效果；应用磁化水治疗各种肾、输尿管、膀胱结石症的临床效果和饮用方法。书末附有部分磁水器的主要技术参数。

本书可供工、农业有关科研、设计、使用、维护人员及泌尿科医生、结石病人参考。

磁 化 水 及 其 应 用

谢 绮 芬 编 著

北京科学技术出版社 出版

(北京西外大街 140 号)

二二〇七工厂印刷

北京市新华书店发行

各地新华书店经售

开本：787×1092毫米 1/32 印张：4 7/8 字数：109千字

1983年10月第一版 1983年10月第一次印刷

印数：1—4 000 定价：0.55元

统一书号：15274·003

本社书号：012

前 言

随着工农业生产的发展，人们对水源的不足及解决水源的办法越来越关心。在工业冷却水中用循环供水系统代替直流水系统，可以提高水的利用率。但在使用过程中会出现各种危害，其中最普遍的是出现水垢问题。而采用磁处理水就是防垢的一种既简便又经济的方法。比利时王国的爱盘罗（EPUREX）公司从1945年开始制造磁处理水装置——塞皮（CEPI）。初期制造的磁处理水装置是电磁式的，后来将磁铁元件改为永磁磁钢。初期的结构是多种多样的，磁铁元件的形状有直角形、圆柱和半圆柱形等，后来的磁处理水装置标准类型基本未变，磁铁形状已趋向标准化。目前，苏联、美国、日本、古巴等国都采用爱盘罗公司制造的磁处理水装置。

我国大连市瓦房店纺织厂在1959年试制了电磁式磁处理水装置，并应用在锅炉上，取得良好效果。但由于未能完全掌握该装置与水质、锅炉结构等条件的关系，故效果不稳定。随着锅壳锅炉逐渐改成水管或水、火管锅炉，势必要求解决锅炉水垢问题。于是有的单位使用了永磁式磁处理水装置，但效果不够理想。冶金部矿冶研究总院实验厂在1970年利用磁性能较高的锑铁氧体永久磁铁，试制了磁处理水装置——磁水器（见图1），处理兰开夏锅炉的水，较好地解决了水垢问题，获得了良好的节能效果，因而被推广。

所谓磁水器，就是利用磁场处理水的一种装置。水以一定流速通过磁水器后，在磁场的作用下，产生了特异的性质，因而大家称它为磁化水。

目前许多单位在工业、农业、医疗方面试验和使用磁水器，并取得了一定的效果。在机理方面也有许多假设和实验

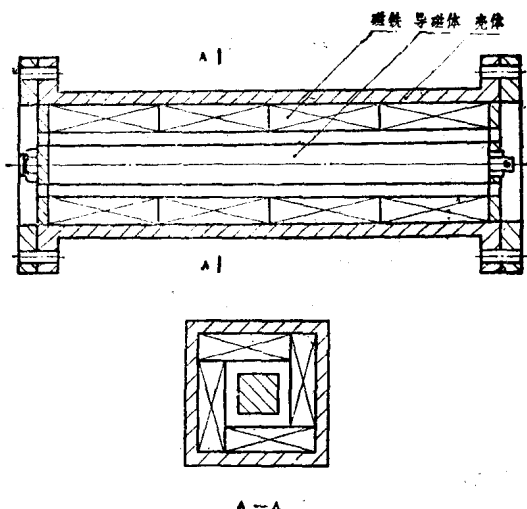


图1 1970年试制的磁水器
(处理量: 3吨/时)

来解释实际现象,但是由于缺乏磁水器的设计和选用方面的资料,致使一些单位在用磁水器方面存在着一定程度的盲目性。针对这种情况,本书在总结国内冷却水系统中试验和使用磁水器经验的基础上,对磁水器的选择和设计进行了初步探讨,并介绍了磁水器安装和使用注意事项,以及国内外在农业、医疗等方面应用磁水器的初步成果。

由于磁化水在国内研究和推广应用时间较短。加上编著者水平有限,缺点和错误在所难免,欢迎读者批评指正。

本书在编写过程中曾得到高级工程师谢怀复同志的指导和冶金部矿冶研究总院实验厂磁水组同志们的大力协助,还参考了许多单位的资料,在此一并致以衷心的感谢。

编 者

一九八二年十二月

目 录

前言

第一章 水的性质和结构模型	(1)
§ 1-1 水的基本特性	(1)
§ 1-2 水和水溶液的结构模型	(3)
第二章 磁化水的一些特殊性质	(7)
§ 2-1 水溶液结构的变化	(7)
§ 2-2 水性质的变化	(11)
一、水的密度、粘度和表面张力的变化	(11)
二、电导率的变化	(13)
三、pH值的变化	(14)
四、盐的结晶形态变化	(16)
五、磁化水促使水垢脱落	(20)
§ 2-3 磁化水的检验方法和保持时间	(20)
第三章 工业冷却水使用的磁水器	(25)
§ 3-1 工业冷却水中的杂质及其引起的危害 ..	(25)
§ 3-2 工业冷却水的水垢	(29)
§ 3-3 磁处理水的模型	(36)
§ 3-4 磁处理效果与磁水器综合磁参数 Kn 值 关系的试验	(47)
§ 3-5 设计磁水器的依据	(55)
§ 3-6 永磁式磁水器的设计	(53)
§ 3-7 磁水器的类型和结构	(63)
§ 3-8 磁水器的选择	(73)
§ 3-9 磁水器的安装和使用注意事项	(80)

§ 3-10 应用实例	(89)
一、铁合金厂的电炉循环冷却水	(89)
二、焦化厂煤气初冷器	(93)
三、化铁炉炉体外壁冷却	(94)
四、加热炉汽化冷却装置	(94)
五、发电厂原水加热器	(95)
六、空压机冷却器	(95)
七、氨吸收制冷装置	(96)
八、碱厂碳化塔	(97)
九、采暖锅炉	(97)
十、淋浴系统	(98)
十一、真空制盐热交换器	(99)
十二、制糖	(100)
十三、选矿、水泥制品等方面的应用	(102)

第四章 磁化水在农业等方面的应用 (107)

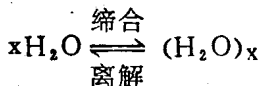
§ 4-1 磁化水促进农牧渔业增产的试验	(107)
一、水稻的试验	(107)
二、小麦、玉米的试验	(109)
三、大豆、棉花、甜菜等作物的试验	(111)
四、蔬菜的试验	(117)
五、家禽、家畜的试验	(118)
六、养鱼的试验	(120)
七、培养木耳的试验	(121)
八、酿酒的试验	(122)
九、防腐的试验	(122)
十、改良土壤的试验	(123)
§ 4-2 磁化水促使农牧业增产的一些研究	(128)
§ 4-3 农业使用的磁水器	(132)
一、浸种	(133)

二、喷灌和渠灌	(133)
第五章 磁化水在医疗方面的应用	(135)
§ 5 -1 临床试验	(136)
一、磁化水防治结石症	(136)
二、饮用磁化水结合服用中草药治疗结石症	(139)
§ 5 -2 动物试验	(140)
§ 5 -3 磁化水的制备及饮用方法	(142)
§ 5 -4 副作用	(144)
附表：一些磁水器的主要技术参数	(145)
主要参考资料	(147)

第一章 水的性质和结构模型

§ 1-1 水的基本特性

纯水是无味的透明液体，并且具有若干反常的性质。这是因为水是一个缔合式的液体。从实验得知：在高温时，按水蒸气的密度所测得水的分子量为18，这时水是以单分子状态存在的。然而，在沸点（100℃）时，水蒸气的分子量为18.64，这时除单分子外，还有双分子 $(\text{H}_2\text{O})_2$ （约占3.5%）的存在。液态水的分子量则更大，其中还含有较复杂的分子，后者可用通式 $(\text{H}_2\text{O})_x$ 表示：



式中 $x = 2, 3, 4 \dots\dots$

这种由简单分子结合成为复杂分子，且不引起物质化学性质改变的现象，称为分子的缔合。水分子的缔合主要是由于形成了分子间的氢键，因而具有如下的特殊性质：

1. 相对于其它氢化物（如 NH_3 ， HF ， H_2S ）来说，水具有很高的沸点。且具有很高的熔点，表明水里有类似晶体的结构，容易形成固体。

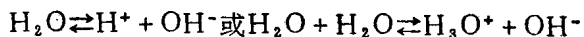
2. 当固体熔解为液体时，水的密度上升，从0℃到4℃，液体的密度继续上升，在4℃时具有最大密度，温度再高时

密度下降。

3. 同一般液体比较, 水具有高的比热。在 0°C 时, 冰的比热是 $0.5026 \text{ 卡/克} \cdot ^{\circ}\text{C}$, 而水的比热是 $1.0081 \text{ 卡/克} \cdot ^{\circ}\text{C}$ 。温度升高, 比热降低, 在 34.5°C 时, 比热降到最低值 ($0.9986 \text{ 卡/克} \cdot ^{\circ}\text{C}$)。

4. 在一般液体中, 水的介电常数(ϵ)值特别高 (25°C 时, $\epsilon = 78.30$), 而一般非极性分子液体的介电常数约为 5。这是由于分子静电场的相互作用, 使得偶极子得到最有利的定向。

5. 极纯的水仍然具有一定大小的电导率 (在 18°C 时为 $4 \times 10^{-8} \text{ 欧姆}^{-1} \cdot \text{厘米}^{-1}$), 因而水也有微弱的电离, 如下式所示:



6. 水是一种最常用的溶剂, 几乎所有的化合物都或多或少地溶于水, 容易形成水溶液。

7. 水是一种富有化学活性和浸润性, 但对生物无毒害的液态介质。

任何由原子组成的分子中, 有带正电荷和负电荷的两部分。正如任何物体有重心一样, 可以设想正负电荷重心的位置, 叫做分子的极。每个极性分子成为一偶极。两极间的距离叫偶极长度。水分子是由两个氢原子和一个氧原子组成的结构不对称的共价化合物, 所以水是极性分子, 其键角为 $104^{\circ}45'$; 键长为 $0.98 \text{ \AA}$; 偶极长为 $0.368 \text{ \AA}$; 偶极矩为 1.85 D (德拜) ($1 \text{ D} = 10^{-18} \text{ CGS 单位}$)。

水分子与水分子之间存在着一种较弱的吸引力, 叫范德华力。其中由极性分子之间、极性分子与非极性分子之间存在的静电力 ($E_{\text{静}} = 8.69 \text{ 千卡/摩尔}$)、诱导力 ($E_{\text{诱}} = 0.46$

千卡/摩尔)、色散力 ($E_{\text{色散}} = 2.15$ 千卡/摩尔), 故总的范德华力为11.30千卡/摩尔。而在常温以下, 水分子间主要存在具有饱和性和方向性的氢键。如在冰态情况下, 其氢键 ($\text{O}-\text{H}\cdots\text{O}$) 键能为4.5千卡/摩尔、键长为2.76 Å。

§ 1-2 水和水溶液的结构模型

十八世纪末到十九世纪初, 人们用电解法将水分解为氢气和氧气, 才弄清水的成份。1930年以后, 才开始对水的微观结构进行研究和探讨。关于液态水的微观结构, 从大量实验结果的分析和理论方面的探讨, 提出多种结构模型: ①小集体模型, 把液态水看作是不同缔合态 H_2O , $(\text{H}_2\text{O})_2$, $(\text{H}_2\text{O})_3$ 等的混合系统; ②双态混合体模型, 把液态水看作是由“类冰态”和“密堆态”组成的双态混合体; ③四面体结构模型: 液体水在短程和短时内具有和冰相似的结构, 即一个水分子有四个水分子占在四面体的顶角包围着它(见图2); ④无规网络模型: 把每个 H_2O 分子以H-键同4个最近邻 H_2O 分子形成的规则点阵(冰结构), 变为不规则的环

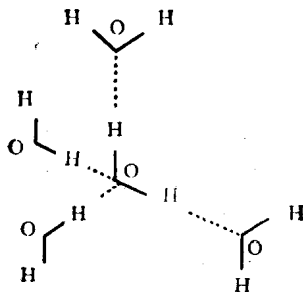


图2 水的四面体结构模型

网络，这些环可以有4、5、6、7，或7个以上的最近邻。此外，还有合作式模型、五态混合体模型、填隙体模型等。这些模型是目前解释各种液态水性质和效应的一些说法。虽然对液态水的研究作了很多工作，但液态水比起气态和结晶固态复杂得多，人们对水的微观结构的了解至今还是初步的。

水溶液的结构比水更复杂，为了更好地了解溶入水中的离子如何影响水的结构，可把水溶液中的溶剂看作是不变的连续介质，它提供溶质微粒运动的空间。在稀溶液里，溶剂分子的数量相对于溶质具有压倒的优势，溶质微粒间有很大距离，且溶质的结构和大小对溶液的热力学性质并无多大关系，故溶质微粒的溶剂化可以忽略。但在浓溶液里，溶剂分子的数量虽然仍占优势，但不是压倒优势，情况不相同。对电解质水溶液，离子水化产生两种影响：一方面是溶剂对溶质的影响。离子水化会使溶液中自由水分子的数量减少，离子的体积增加，因而改变电解质的静态和动态性质。另一方面是溶质对溶剂的影响。带电离子的水化，破坏附近水层的四面体结构，使水偶极子对离子起定向作用，因而改变离子邻近水分子层的介电常数。

假设液体水在短程和短时间内具有四面体的结构，一个水分子由四个水分子包围着，其中两个水分子的氢向内，另两个的氢向外。现把四面体中心的水分子提出，换进一个大小相同、或小一点的正离子，即令四面体的形状没有改变，这时水的结构也要发生变化，因为四个水分子的氢键都向外，即其中两个水分子已经改变定向，从而水的原来结构受到破坏。如果离子大小不合适，或配位数不是4，破坏更为严重。因而水的原来结构只能在离中心离子的某一距离外得

到保存。所以与寻常的水相比，水的结构受到破坏，或缔合体进行解聚。水就和离子结成不稳定的水化离子。接近离子第一层水分子所产生的水化作用叫原水化（或称化学水化，又称初级水化）。这是由于离子和水偶极子的强大电场的作用，定向地和离子牢固结合，因而失去平动自由度。在外加电场下，这一层水分子和离子一块移动，水分子的数量不受温度变化的影响。第一层以外的水分子层可能也受到离子（特别是多价的单原子离子）的吸引作用，但是由于距离较远，吸引作用是比较弱的。这一层水分子的数量随着温度的变化而改变，不是固定的。如果离子的配位数要比4大，水的四面体结构就会受到更大的破坏。例如一个具有配位数6的离子，很可能和周围的水分子形成一个八面体，因而破坏离子周围一层以上的水分子结构。离子这两种对第一层以外的水分子作用，即离子的电场作用和结构改变的作用称二级水化（或称物理水化，又称次级水化）。

假若水溶液中离子是带电荷的圆球，电荷不会极化，离子电场有圆球对称性，且忽略了其它分子间的力，那么由于库仑力作用，离子产生相互吸引，其吸引能小于它的热运动能。于是，在靠近正离子周围，负离子存在的机会多；在紧靠负离子的周围，正离子存在的机会多。因此，溶液中的任何一个离子都会被电荷符号相反的“离子氛”所包围。离子氛是一种形象的描述，这样的电荷是围着中心离子时隐时现的，其存在有一定的几率。离子氛的半径是随单位体积内离子总电荷的增多而减小的。离子浓度越大和价数越高，离子氛的半径就越小，它对中心离子运动所起的阻滞作用就越

。

实验证明，即使在一般稀溶液中，离子浓度仍然较大。离

子间的相互作用虽然因离子形成水化离子而大为削弱，但剩余的库仑力，仍能使电荷相反的离子，互相碰撞而形成一定数量的暂时结合的“离子对”。这种离子对作为一个质点在溶液中运动，具有足够的稳定性。不会因溶剂分子的热运动冲击而被拆散，因而它也失去了原有的未经缔合时离子的导电本领。离子的缔合作用不只限于在一对正、负离子间发生，三个或四个离子的缔合完全可能存在。

离子在水溶液中的重要特性是离子水化。虽然人们经过研究取得一定收获，但大多是半定性的，还需进一步研究。

第二章 磁化水的一些特殊性质

经过对磁化水的物理化学性质进行一系列检测，发现磁化水与普通水的物理性质确有差别，而实际应用效果的差别更大。这些都给磁化水的应用提供可靠的依据。随着磁化水的广泛应用，必然要求从理论上给予圆满解释。然而，由于它是属于水溶液状态在磁场中发生变化，且天然水中含有很多不同杂质、气体、悬浮物等，使得水溶液微观结构变得很复杂，因而给理论解释带来很大困难。近几年来，人们不断进行实验和探索，提出了种种假设，可对某个领域里磁化水的应用效果加以解释。

§ 2-1 水溶液结构的变化

有人对水经磁场处理后其性质发生变化提出疑问，如对磁场所产生的功进行计算，磁场对单位体积纯水所做的功：

$$A_m = \mu_0 X H^2$$

式中 μ_0 —— 真空磁导率；

X —— 水的磁化率；

H —— 磁场强度。

计算表明，当磁场强度为1000奥斯特时，对水所做的功相当于其温度有微小的变化（ 10^{-6}°C ），这一能量与氢键能（冰 $\text{O}-\text{H}\cdots\cdots\text{O}$ 为4.5千卡/摩尔）相对比，似乎磁场的能量不足以破坏水的结构。但实验表明水通过磁场处理后，

氢键破坏是其出发点。解释该现象的假设是：磁场的作用与系统的某些转变有关，在转变过程中系统的能量改变很小，但系统的开始和终止状态被能垒所分开，为了克服能垒必须传递给系统一定的能量，很明显，给系统的微小作用就象可以显著改变活化能一样。磁场在极短时间内对水系统的作用，可能导致该系统进行过程的活化能产生很大的变化。

由前所述，可把液体水的基本结构看作是一个具有敞开式的四个配位数的四面体结构，由于受热运动的不断破坏，这个结构只能存在于短程和短时间内。水是一个极性分子，由于磁场对水的偶极子有定向极化作用，使电子云也发生极化，因而导致氢键发生变化、弯曲和局部断裂，部分氢键被破坏，单个水分子的数量增多。另外，磁场对水的偶极子的定向极化作用，有可能使水结构，如极性分子之间联结形式发生变化（见图3、图4）。由双氢联结代替单个联结，

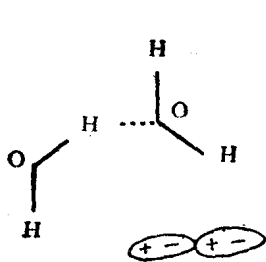


图3 极化前水分子

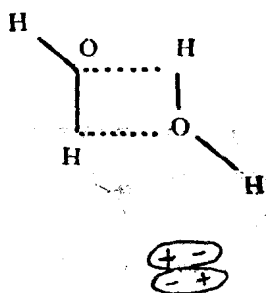


图4 极化后水分子

因而导致水密度的必然增加。

水流经磁场，在磁场的作用下，水溶液中的水分子、水化离子等带电粒子都要受到磁场的作用，其作用力为罗仑兹力：

$$\mathbf{F} = kq\mathbf{V} \times \mathbf{B}$$

式中 q ——离子的电荷，
 $\mathbf{V}$ ——离子的运动速度，
 $\mathbf{B}$ ——磁场的磁感应强度，
 k ——比例常数。

液体中粒子的运动速度是热平衡状态下粒子的微观热运动速度 $\mathbf{V}_r$ 和溶液的宏观流速 $\mathbf{V}_l$ 叠加，即 $\mathbf{V} = \mathbf{V}_r + \mathbf{V}_l$

$$\text{故 } \mathbf{F} = kq\mathbf{V}_r \times \mathbf{B} + kq\mathbf{V} \times \mathbf{B} = \mathbf{F}_r + \mathbf{F}$$

式中 $\mathbf{F}_r$ ——水被磁场处理时，水相对于磁场是静止状态下所受到的罗伦兹力，

$\mathbf{F}$ ——水被磁场处理时，水相对于磁场是运动状态下所受到的罗伦兹力。

当水受磁场处理，且相对于磁场是静止状态时，由于溶液处于热平衡状态，体系没有能量来源，所以 $\mathbf{F}_r$ 总是与带电粒子的自由运动方向垂直，即 $\mathbf{F}_r$ 只能改变 $\mathbf{V}_r$ 的方向，而不能改变 $\mathbf{V}_r$ 的大小， $\mathbf{F}_r$ 不做功，做功的是 $\mathbf{F}$

假若溶液中带电粒子是圆球，在极化前水化层是均称地分布在离子周围（见图 5）。当水溶液以一定流速通过磁场时，在罗伦兹力 $\mathbf{F}$ 作用下，水分子的电子云发生极化，磁场的作用也可能与谐振现象一样，使离子水化层受到破坏。由于离子和水偶极子在 $\mathbf{F}_r$ 作用下，与离子间吸引力较弱的二级水化层首先破坏，尔后可能影响水溶液中的原水化层的水化离子。这种水化离子在 $\mathbf{F}$ 作用下，尽管原水化层是与离子一块移动的，但是磁场作用可能引起这层水分子的排列不均匀，或者可能使水化层变得更“薄些”，从而改变了水化离子的结构（见图 6）。

$\mathbf{F}_l$ 也可对离子直接作用，促使正、负离子的反方向的