

你想知道 矿泉水吗？

朱宛华 编著

地质出版社

你想知道矿泉水吗？

朱 宛 华 编著

地 震 出 版 社

1992

(京)新登字095号

内 容 提 要

本书作者多年来从事水化学方面的研究工作,从实用角度出发,简述了饮料矿泉水与一般水有什么差别,它对人体健康有什么好处,以及如何识别和选择矿泉水饮料。同时,为了帮助饮料矿泉水厂家搞好生产和销售,还介绍了饮料矿泉水的生产工艺,矿泉水中铁锰的处理方法,人工矿化水的原理与装置以及国内外名牌饮料矿泉水的特点、产销情况等。

本书内容丰富,通俗易懂,科学性强,具有广泛的实用意义。

你想知道矿泉水吗?

朱 宛 华 编著

责任编辑:张进德 吴殿芬等

地 震 出 版 社 出 版

(北京民族学院南路9号)

河北省香河印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 全国各地新华书店经售

开本:787×1092 1/32 印张:3.5 字数:74000

1992年8月第一版 1992年8月第一次印刷

印数0001—2500 定价:2.40元

ISBN 7-5028-0540-D/R · 1

前 言

你想知道矿泉水吗？你一定知道，现在世界上越来越多的人对矿泉水感兴趣。我们看电视时，可以发现一些会议桌上放置了矿泉水，而且越是高层次会议，所摆的饮料往往是无色透明的天然矿泉水。目前，国际市场上有些矿泉水实际上是不添加任何东西的洁净的普通地下水或高山雪水。去麦加朝圣的信徒们，在长达数天的旅途中就饮用这类瓶装矿泉水。那么，为什么天然矿泉水特别受人们的青睐呢？这是因为近年来世界范围的水质受到污染，大部分江湖河水均是多次反复被用过的，污染物叠加，自净能力减弱，水污染加重，使人们对饮用自来水越来越不放心。消费者要求获得清洁可口而又卫生的饮用水源，并注意到矿物质的营养。矿物质在营养学上的重要性不亚于维生素，而矿泉水中含有丰富的、对人体健康有益的常量和微量元素，水本身却不含任何热量，所以它是理想的矿物质补充来源。

目前世界上饮料矿泉水的总产量已超过1000万吨，增长势头不衰。如荷兰是不生产矿泉水的国家，从德国、法国、比利时进口。法国是矿泉水最大消耗国，70%的居民经常饮用矿泉水，人均消费量为53L/a。近年来，美国也开始风行矿泉水饮料，有些州平均每8户就有1户长年订矿泉水，象订牛奶一样，送货上门。未来学家预言，随着工业发展，淡水资源枯竭，水质污染，继石油危机之后，将会出现供水危

机，这将对矿泉水发展带来极大影响。

除饮料矿泉水外，还有一种医疗（包括饮疗，浴疗等）矿泉水，从医疗意义上来说，矿泉水是天然药剂，是能治疗人体某种病变或功能障碍的天然水。如黑龙江五大连池的碳酸冷泉（含碳酸 $1.7-2.6\text{g/L}$ ），水温常年在 $5-6^{\circ}\text{C}$ ，其铁腥味浓得使初饮者恶心（亚铁离子高达 $26.8-32.5\text{mg/L}$ ），但患者为医疗目的乐意接受（对消化系统疾病疗效甚佳）。

医疗矿泉水与饮料矿泉水是有区别的。医疗矿泉水的水质可以“违反”公认的法定水质标准，也完全不必考虑口味，而饮料矿泉水的各项组分指标则首先应符合饮用水标准及饮料矿泉水法规，为保健目的含有各种营养成分，而且口味甘美。

欧洲有几个治疗风湿病、内分泌病有奇效的泉。就目前的分析技术水平，其化学成分几乎与普通地下水相同，即使用人工合成其化学组分后疗效也不佳。所以，矿泉水的生物学和医疗作用是非常奥秘的。本书将从水本身的结构、矿泉水的成分中去了解。此外，我们还将对矿泉水的生产工艺及国内外市场作一简介，帮助人们认识矿泉水，利用和开发饮料矿泉水，为丰富日常生活和提高人们的健康，作出我们的努力。

目 录

前 言

一、水的结构、特性和水中成分	(1)
(一) 水的结构是个谜	(1)
(二) 水的性质非常奇特	(6)
(三) 水中所含组分之多十分惊人	(8)
二、矿泉水的基本概念	(14)
(一) 饮用矿泉水定义	(14)
(二) 矿泉水分类	(20)
三、水中微量组分与人体健康	(28)
(一) 微量元素与人体健康	(29)
(二) 温度、气体和稀土元素的生理作用	(38)
四、我国天然矿泉水资源开发和国内外市场概况	(42)
(一) 我国天然矿泉水资源的开发	(42)
(二) 饮料矿泉水生产工艺简介	(49)
(三) 饮用矿泉水如何打入市场	(57)
(四) 国内外名牌饮料矿泉水简介	(67)
五、人工矿化水	(81)
(一) 人工矿化水工艺原理及材料的选择	(81)
(二) 人工净化、矿化装置简介	(88)
附 表	(92)

一、水的结构、特性和水中成分

(一) 水的结构是个谜

为了更好地了解矿泉水，我们先从水的结构、特性及水中组分中去探求。有的学者将水概括为八个字：惊人、迷人、平凡和奇特，让我们通过以下的介绍来领会这八个字的真正涵义。

当今世界可以人工合成胰岛素，DNP结构也已清楚，但是水的结构仍然是个谜，是一个已进行大量研究但仍然存在不少争论的课题。

教科书上介绍了水的结构，水分子为偶极分子，氧原子居中心，两个氢原子位于一个面的两个对角，键角 $104^{\circ}31'$ 。氧原子的八个电子中有两个靠近原子核，两个包含在与氢原子结合的键中，而两对弧对电子则形成两个臂，伸向与包含氧原子的面相对的另一面的两个对角，使正负电子不重合形成了偶极分子，弧对电子的两个臂能吸引邻近水分子中氢原子局部正电荷的带负电区域，借此把水分子联结起来（键长 $2.76 \text{ \AA}$ ①，相当于 18.765 KJ/mol ，使呈配位四面体排列（见图1）。

氢键犹如联结相邻水分子内两个氧原子的桥梁，氢键有高度韧性，但键长不固定，可发生摆动而不易断开，以此来

① $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$ ，下同。

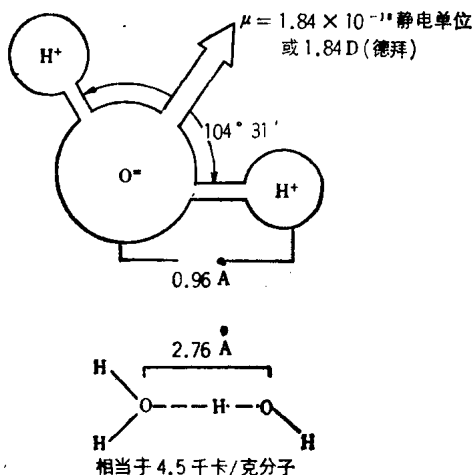
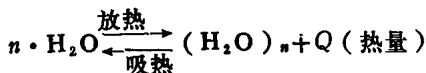


图 1 水分子与氢键的结构形象概图●

阻止水分子向蒸汽飞脱，否则地球的海洋就会是气态的，而生命就不复存在。

(1) 自然界中只有水呈气态时，才呈单分子水。由于氢键联结，相邻水分子能以 $(\text{H}_2\text{O})_n$ 的巨型分子存在，但它不引起水的化学性质的改变，这就是水分子的缔合作用。



式中 n 可以是 1, 2, 3, 4, 6, 9, 12, 16 等。这种巨型分子的聚集体 (或称“簇团”) 缔合程度随温度降低而增强，当温度为 4°C 时，缔合程度最大，水的密度最大，体积最小。施加静压力能有效地破坏液态水中的结构化部分。所以，液态水是巨型水分子 $(\text{H}_2\text{O})_n$ 和一些“比较自由”的水或单体水

●4.5 千卡/克分子改为 18.765 KJ/mol 。

分子的混合物。它们随温度压力条件变化的缔合程度究竟有何规律，以及它们对人体的生物学及医疗作用有何影响，这些都是个谜。

(2) 液态水结构中除了正态结构外，还有双变态结构水。正态结构水中氢的两个原子位于一个侧面，而双变态结构水则被对角侧面所捕获，一般液态水中正态结构含量为0—75%，双变态结构含量为25—100%。那么，在正常水结构状态下，为什么会出现双变态结构呢？受什么因素影响？含量间的变换有何规律？它们对人体的生物学和医疗作用又如何呢？又是一个谜。

(3) 水在溶液中要离解，温度增高，压力增大时酸度增加。如25°C时，水的离解平衡常数 K_{aq} ($\times 10^{-14}$)为1.008，(即 $\text{pH}=7.00$)，当温度为60°C时， K_{aq} 为 9.614×10^{-14} ($\text{pH}=6.51$)。水的电解产物有 H_3O^+ 、 H_5O_4^+ 、 OH^- 等。不同温度和压力条件下，水电解产物间的比例关系如何？它们对人体的生物学和医疗作用怎样？这又是一个谜。

(4) 温度和压力对水结构有影响。水的密度在4°C时出现反常的最大值，超过或低于此温度时，密度变小，说明4°C时水结构有一定的转化。在0°C时，液体水密度为 $0.9998.7\text{g}/\text{cm}^3$ ，冰的密度为 $0.917\text{g}/\text{cm}^3$ ，所以自然界中冰能浮在水面上。

苏联学者Н.И.Хитров等人实验证明，在350—400°C和400—800atm时，水对岩石中组分的析出量最大，超过450°C以后析出量又变小。例如，在高温高压条件下对石英的析出实验结果表明，在水中有可溶性 SiO_2 的出现，见表1。

天然矿泉水一般均为深循环的地下水，在地下深处，温

表 1 不同温度、压力条件下, 石英的析出实验结果

温度 (°C)	100	200	300	400	500
压力 (atm)	1	16	87	288	399
水中可溶性SiO ₂ (mg/L)	1.0	67	100	165	293

度压力都高,这也就是很多天然矿泉水富含硅酸的原因之一。但是4°C和400°C这两个值为什么能引起水的物理化学性质的变化?这两个温度、压力值对水分子结构起了什么变化,这仍然是争论的问题。

(5) 盐类离子进入水溶液后,被水分子所包围形成水合层,不同离子的水合数不同,各国学者所做试验得出的水合数也不尽相同。但一般地说,电荷密度越高的离子水合程度大。假若是电解质溶于水,会使溶液的体积比溶质和溶剂原来体积之和要小。这是因为离子的库仑引力与水偶极的局部电荷的相互作用,它具有足够的强度,使水分子接近离子,因而缩小了紧靠离子附近溶剂的体积(电缩作用),说明电解质的加入在一定程度上加强了液态水的结构,并降低了水的流动性。

当前,虽然水分子的键角、键长已经确知,但水分子中电荷的确切分布情况及其活动规律仍未解决,因而水的溶解性能和水结构间的关系仍然是个待解决的谜。

(6) 氢有三种同位素即H、D和³H,氧常见的同位素也有三种,即¹⁶O、¹⁷O、¹⁸O,其含量见表2。

若不考虑痕量³H,在天然水中可以有九种不同的同位素分子,见表3。

天然水中丰度最大的有H₂¹⁶O、HD¹⁶O、H₂¹⁷O和H₂¹⁸O

表 2 氢、氧在自然界的平均丰度

氢同位素	丰度占天然氢 (%)	氧同位素	丰度占天然氧 (%)
H	99.9844	^{16}O	99.763
D (氘)	0.0156	^{17}O	0.0375
^3H (氚)	很小一部分	^{18}O	0.1995

表 3 天然水的同位素分子

同位素	^{16}O	^{17}O	^{18}O
H_2	H_2^{16}O (18)	H_2^{17}O (19)	H_2^{18}O (20)
HD	HD^{16}O (19)	HD^{17}O (20)	HD^{18}O (21)
D_2	D_2^{16}O (20)	D_2^{17}O (21)	D_2^{18}O (22)

注：括号中为分子量。

四种。例如有资料如下： H_2^{18}O 为 0.2mol%， H_2^{17}O 为 0.042mol%， HD^{18}O 为 0.032mol%， HT^{18}O 为 $n \times 10^{-16}$ mol%。

不同的同位素水分子的物理、化学性质不同。当一种同位素分子被另一同位素分子取代时，其物理化学性质可有微小的变化，即质量变化和能量状态分布变化。

同位素含量（丰度）常用 δ 值表示，即指物质中两种同位素的比值相对于某一种标准比值的千分偏差。氢、氧同位素标准在国际上采用SMOW（世界大洋中海水平均同位素组成）。如北京海淀区自来水 $\delta^{18}\text{O} = -9.699\%$ （SMOW），相对国际标准 $\delta^{18}\text{O}$ （SMOW）= 0，则说明该水富含轻同位素。近年来有些人就提出含氘少的水——轻水，能治病，能延年益寿，而含较多重同位素的水“有毒”。那么，你自己每天喝的水到底是哪一种水？这些同位素分

子随温度、季节等因素发生什么变化？不同的水同位素分子对人体有什么生物学作用呢？下面我们将进行讨论。

(二) 水的性质非常奇特

水与一般液体相比，在物理、化学性质方面有它自己独特的行为，也正因如此，水在自然界生命过程中起着特殊作用。水具有以下几点特性。

(1) 水具有独特的热理性质。水的生成热很高，生成热是指稳定单质生成1mol化合物时的反应热，水的生成热为-285.8KJ/mol，在2000°K的高温下离解的百分数为0.588%，所以水能在地球形成初期的炽热温度下存留下来。

水是氧的氢化物，我们将它与氧的同周期和同族的相应各元素的氢化物相比，就可以看到水的这一奇特性质，见表4。

表 4 II 主族元素氢化物的某些热理性质

热理性质	H ₂ O	H ₂ S	H ₂ Se	H ₂ Te
分子量 (碳单位)	18.1	34.1	81.0	129.6
熔点 (°C)	0	-86	-66	-49
标准沸点 (°C)	100	-61	-41	-2
分子熔 (kcal/mol)	1.44	0.57	0.60	1.0
化 热 (kJ/mol)	6.02	2.38	2.51	4.18
分子汽 (kcal/mol)	9.72	4.46	4.62	5.55
化热 (kJ/mol)	40.7	18.7	19.3	23.2

$$1\text{kcal} = 4.17\text{kJ}$$

从上表可知，硫、硒、碲元素的氢化物的热性质随分子量的减少而有规律地变化，按此规律，水的熔点和沸点应为 -106°C 和 -81°C ，这与实际熔点 0°C 和沸点 100°C 相差甚远（见图2）。所以水具有达到其沸点以前的极长的液态阶段。它具有如此反常高的熔点和沸点，以及很高的分子熔化热和汽化热，使水分子从冰、水到汽需要很多热能，以破坏众多的氢键。也正因为这一反常特性，地球上才能有液态水，才能有生命物质繁衍的条件。

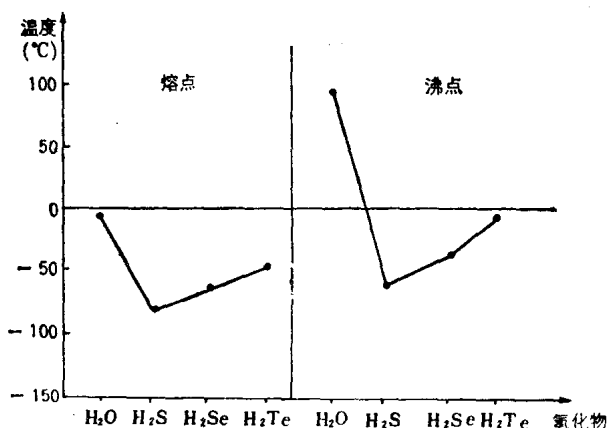


图2 VI主族元素氢化物的熔点和沸点

水的热传导、热容、热膨胀、熔化热、汽化热几乎比所有其它液体都高。水具有反常高的热容，水运动所输送的热量很大，它能起调节自然界温度的作用，防止温差变化过大，如海洋的巨大热容量对昼夜和冬夏的温差起着调节作用，而无水的月球昼夜温差可达 200°C 。因为人体的78%是

由水组成，它能使人的体温趋于一致，因此地球上的气候适于人类居住与动植物生长。

(2) 表面张力是一种由于液面层分子受到一个朝向液体内部的合力作用，使液面具有缩小趋势的力。在液体中除汞以外，水的表面张力最大，并随温度升高而减小。

水的较大的表面张力，影响水的吸附，产生毛细现象。它是自然界生物圈中一种普遍而又重要的作用，在细胞生理学中很重要，控制某些表面现象和点滴的形成。

(3) 粘滞性是一种表示液体内部质点间阻力（内摩擦阻力）程度的性质。水分子由于氢键联结不易断开，但可作经常不断的摆动和拉长，使水结构易于变形，粘滞度就小。在 1V/cm 的电场下，水中氢离子的活动性为 $32.5 \times 10^{-4}\text{cm/s}$ ， OH^- 的活动性为 $17.8 \times 10^{-4}\text{cm/s}$ ，而其它离子活动性一般只有 $6 \times 10^{-4}\text{cm/s}$ ，所以水分子具有较大的流动性。

(4) 水具有良好的溶解性，在所有的液体中，纯水的介电常数最高，常温下的介电常数 ϵ 为 81。说明正、负离子在水中的相互吸引力比在真空或空气中减小 81 倍。当水和盐类接触时，盐类离子晶体发生离解，这时水分子围绕盐类离子形成一“绝缘”外膜。它可以部分地中和离子电荷，减少盐类离子间作用力，并阻止正、负离子再行键合。因而使水成为离子化合物的良好溶剂。

(三) 水中所含组分之多十分惊人

天然水是一种成分极其复杂的溶液，是和环境作用形成的一个动态平衡系统。它几乎包含了周期表中的所有元素。如

矿物组分、有机质、气体、微生物，同位素等各种组分。它们以分子、离子状态存在，也可以以胶体状态存在（如铝、铁胶体、氢氧化物胶体、蛋白质、酶等），还有泥沙、粉尘、微生物、细菌的存在。

(1) 水中的宏量和微量元素，地下水中（包括天然矿泉水）已发现60多种元素，其中以Cl、S、C、O、H、Na、Mg、Ca、K等元素占大多数，还有一些含量比较多的元素如N、Si、Fe等。其它均为微量元素，但是微量元素在特定环境下可以成为含量较多元素。如美国宾夕法尼亚州盐水中Sr达3.5g/L（矿化度为332g/L）。新西兰的地热水中Sb = 0.9g/L，Rb = 7.7×10^{-3} g/L。原苏联南乌拉尔含铜黄铁矿区地下水中Cu为10mg/L，Pb为2.25mg/L，Zn为22.8mg/L。捷克的碳酸矿泉水中Be达 4.3×10^{-4} g/L。原苏联中高加索碳酸水中Ge为 1×10^{-4} g/L。

水中元素可以呈离子状态、分子状态（可溶性SiO₂）及络合物状态。如在pH = 8.2的重碳酸钠水中，钙的浓度为0.4mol/L，其中93.3%呈Ca²⁺形式，4.8%呈Ca(HCO₃)⁺形式，1.9%呈CaSO₄形式存在。在高浓度的酸性硫酸盐水中（矿化度为17.65g/L），Ca²⁺占61.89%，CaSO₄占21.17%，CaCl⁺占16.94%。在水中Fe可以呈离子或分子状态存在，如Fe²⁺、FeSO₄、FeCl⁺、Fe³⁺、FeSO₄⁺、FeCl²⁺、FeF²⁺等。

所以说水中成分的变化是奥秘无穷的。

(2) 水中的气体成分有溶解的和自由逸出气体。有大气起源的气体（N₂、O₂、惰性气体、CO₂）；有生物起源的气体（CH₄、CO₂、N₂、H₂S、H₂、O₂、重烃类气体），

如在大庆油田1141—1150m深处的油田水中 N_2 1.69%， $Ar + Kr + Xe$ 为0.56%， $He + Ne$ 为0.017%， CO_2 为0.31%， CH_4 为98.59%。北京地热水中 He 为0.021—0.134%，有变质起源的气体（ CO_2 、 H_2S 、 H_2 、 CH_4 、 CO 、 N_2 、 HCl 、 HF 、 NH_3 、 B 、 SO_2 等），如西藏羊八井热水中及热蒸汽中含 CO_2 占99.8%， H_2S 占0.67%（10.22mg/L）， B_2H 占0.63%（15.55mg/L）以及 N_2 、 O_2 等。日本木曾 御岳火山1979年喷火，水溶性气体成分有 HCl （0.02%）， SO_2 （1.8%）， H_2S （23.4%）， CO_2 （74.6%），其它（0.2%，为 H_2 、 CH_4 、 N_2 、 He 、 O_2 ）；此外，还有放射性起源的气体氦、氡等。

（3）水中的放射性及同位素成分与宇宙辐射的轰击作用，有关从地球大气层进入水圈的放射核素有： 3H 、 3He 、 7Be 、 ^{10}Be 、 ^{14}C 、 ^{22}Na 、 ^{24}Na 、 ^{26}Al 、 ^{28}Mg 、 ^{32}Si 、 ^{32}P 、 ^{35}S 、 ^{38}Cl 、 ^{37}Ar 、 ^{39}Ar 、 ^{53}Mn 。其中最重要的是 ^{14}C 、 3H 、 ^{32}Si 、 ^{10}Be 。 3H 由大气中分子散裂作用和次级中子与氮作用而成，生成速率为0.14—1.3原子/cm²·s，因人工核爆炸而产生的同位素有 ^{147}Pm 、 ^{144}Ce 、 ^{137}Cs 、 ^{90}Sr 、 ^{86}Cl 、 ^{14}C 、 3H 等。

3H 蜕变一半的时间（称半衰期）为12.262年，因它受其它因素干扰少，我们用它来测定水的年龄。即当它随雨水入渗地下开始计时，水在地层中运动非常缓慢，随时间推移，当我们从井、泉中取水时，它们已损失许多，按此计算年龄，饮料矿泉水标准法规中规定：“水中镭含量在0.2—0.4mg/L范围和偏硅酸含量在25—30mg/L范围，各自都必须具有水温20℃以上，或水的同位素测定年龄在10年以上的附加条件，方可称为饮用天然矿泉水。其意思是 3H 值高，表

明是最新入渗水。 ^3H 值低，则表示水经过较长的迳流时间。

由于自然因素和人为因素，水中还有放射性成分U, Ra, Rn, Th等。一般地面水中，U为 10^{-9} — 10^{-7}g/L ，Ra为 10^{-12} ~ 10^{-13}g/L 。它们放射出各种射线，超剂量时会污染环境，危害人体健康，故水中规定总 α 活性不得超过 0.1Bq/L ，总 β 活性不得超过 1.0Bq/L 。

(4) 水中的有机物质共170多万种，大多以胶体状态，部分以悬浮状或真溶液状态存在。据目前的分析测试水平，饮用水中已鉴定出600多种化学有机污染物，它仅占饮用水中存在的总有机物质的一小部分。这600多种化学有机污染物常见的有艾氏剂、狄氏剂、苯、苯并(α)、莠氯丹、氯仿、2,4-D、DDT、1,2-二氯乙烷、1,1-二氯乙烯、七氯和七氯环氧化物、六氯苯(HCB)、 γ -六六六(林丹)、甲氧DDT、五氯酚、2,4,6-三氯酚、四氯化碳、四氯乙烯、三氯乙烯。

地下水中还含有不同类型的有机成分：胺、复杂的醚类、碳水化合物、腐植质(腐植酸、富尔酸)、羰基化合物(醛、乙醛)、羧基化合物(尿酸、氨基酸、脂肪酸、环烷酸)、烃、碳氢化合物(苯、甲苯、二甲苯、萜烯)、羟基化合物(苯酚、醇、萘酚)、杂环化合物(氮杂苯、叶绿素、卟啉化合物、尿素的和嘧啶的)油、树脂焦油等十一类。

水中小剂量的致癌性工业化学品及农药残留对人体有极大的潜在危害。1943年德国法西斯将对硫磷作为化学武器用于战场，而1952年，日本将它用于稻田治虫。有机磷、有机氯占全部农药的80%。六六六、DDT易在人体脂肪中积累，如1964年印度人体脂肪中六六六含量为 1.7ppm ，1975