

水知识漫谈

张 赞

水(H_2O)是由氢、氧两种元素组成的无机物,在常温常压下为没有颜色、没有气味、没有味道的透明液体。水是一种宝贵的自然资源,是人类生活、动植物生长不可缺少的物质。被誉为“生命的源泉、工业的基础、农业的命脉”。

一、地球上水的存量及分布

地球表面有 71% 被水覆盖,不管怎样划分,地球上任何两半球都是海洋面积大于陆地面积(图 1)。从空中来看,地球是个蓝色的星球。据《世界水平衡和地球水资源》提供的数据,地球上水的体积为 138598.46 万立方千米,即 $1.3859846 \times 10^{18} \text{m}^3$,但绝大多数为咸水,约占总水量的 97.47%,其中海洋为 $1.34 \times 10^{18} \text{m}^3$,约占总水量的 96.5%。冰川、冰盖、永久性冻土和积雪储水量约为 $2.41 \times 10^{16} \text{m}^3$,占总水量的 1.74%。地下淡水约为 $1.06 \times 10^{16} \text{m}^3$,约占总水量的 0.76%,占淡水总量的 30.1%。湖泊、内陆海、河流中的淡水约为 $1.05 \times 10^{14} \text{m}^3$,占总水量的 0.0076%,占淡水总量的 0.3%。大气中的水蒸气在任何时候都有 $1.3 \times 10^{13} \text{m}^3$,约占总水量的 0.001%。



图 1 地球上海洋的面积

从以上数据可以看出,淡水占总储水量的 2.53%,其中大部分还分布在两极和高山的冰雪及永久冻土层中,难以利用。可以利用的淡水仅占淡水总量的 30.4%(即 $1.07 \times 10^{16} \text{m}^3$),还不到水总量的 1%。

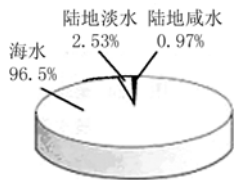


图 2 海水、陆地淡水及陆地咸水占总水量的百分比

淡水资源在全球分布不均,非洲和中东缺水,然而加拿大拥有 $1.1 \times 10^{13} \text{m}^3$ 的淡水。我国

淡水资源总量为 $2.8 \times 10^{12} \text{m}^3$,居世界第 6 位,但人均水量只有 2200m^3 左右,约为世界人均水量的四分之一,居世界第 110 位左右,许多地区已出现水资源短缺影响人民生活、制约经济发展的局面,是世界上 13 个贫水国之一。当今世界上约有 80 多个国家,约 20 亿人面临淡水危机,其中 26 个国家的 3 亿多人口生活在缺水状态中。预计在 2025 年,全球有一半的人面临淡水资源严重短缺。

海洋和地表中的水蒸发到天空中形成了云,云中的水通过降水落下来变成雨(冬天则变成雪),落于地表上的水渗入地下形成地下水,地下水又从地层里冒出来,形成泉水,经过小溪、江河汇入大海,形成一个水循环。在循环过程中水侵蚀岩石土壤、冲淤河道、搬运泥沙、营造平原、改变地表形态。

二、水的物理性质和化学性质

水在常温常压下为无色无味的透明液体。在自然界,纯水是非常罕见的,水通常是酸、碱、盐等物质的溶液,习惯上仍然把这种水溶液称为水。纯水可以用铂或石英器皿经过几次蒸馏获得,当然,这也是相对意义上纯水,不可能绝对没有杂质。水是一种在地理环境温度下可以在液态、气态和固态之间转化的物质。固态的水被称为冰,气态叫水蒸气。水蒸气温度高于 374.2°C 时,气态水便不能通过加压转化为液态水。水在 3.98°C (一般记作 4°C) 时密度最大,为 999.973kg/m^3 ,一般记作 $1.0 \times 10^3 \text{kg/m}^3$,在 $0 \sim 3.98^\circ\text{C}$ 之间随温度的升高体积减小。水具有很大的内聚力和表面张力,水的表面张力仅次于汞,并能产生较明显的毛细现象和吸附现象。纯水没有导电能力,是绝缘体。普通的水含有少量电解质而有导电能力。水的热稳定性很强,水蒸气加热到 2000K 以上,也只有极少量离解为氢和氧,但水在通电的条件下会离解为氢气和氧气。水跟较活泼金属或碳反应时,表现氧化性,氢被还原成氢气;最活泼的非金属氟可将水中负二价氧,氧化成氧气,水表现还原性等其他化学性质。

三、水反常膨胀的原因

物质的性质与结构有关,水分子是由一个氧原

子和两个氢原子构成的极性分子，是在分子间能形成氢键的物质。正因为如此，水是为数不多的反常膨胀的物质之一，是一种既普通又特殊的物质。

先来看水的反常膨胀，物质的密度由物质内分子的平均间距决定。对于水来说，由于水中存在大量单个水分子，也存在多个水分子组合在一起的缔合水分子，而水分子缔合后形成的缔合水分子的分子平均间距变大，所以水的密度由水中缔合水分子的数量、未缔合的单个水分子的数量决定。具体地说，水的密度由水分子的缔合作用、水分子的热运动两个因素决定。当温度升高时，水分子的热运动加快，缔合作用减弱；当温度降低时，水分子的热运动减慢，缔合作用加强。综合考虑两个因素的影响，便可得知水的密度变化规律。由于氢键具有一定的方向性，因此在单个水分子组合为缔合水分子后，水的结构发生了变化。一是缔合水分子中的各分子排列有序，二是各分子间的距离变大。在水温升高的过程中，一方面，缔合数小的缔合水分子、单个水分子在水中的比例逐渐加大，水分子的密集程度逐渐加大，水的密度也随之加大。另一方面在这个过程中，随着温度的升高，水分子的运动速度加快，使得分子的平均距离加大，密度减小。考虑水密度随温度变化的规律时，应当综合考虑两种因素的影响。在水温由 0°C 升至 3.98°C 的过程中，由缔合水分子氢键断裂引起水密度增大的作用，比由分子热运动速度加快引起水密度减小的作用更大，所以在这个过程中，水的密度随温度的增高而加大，为反常膨胀。

水温超过 3.98°C 时，同样应当考虑缔合水分子中的氢键断裂、水分子运动速度加快这两个因素，综合分析它们对水密度的影响。由于在水温比较高的时候，水中缔合数大的缔合水分子数目比较小，氢键断裂所造成的水密度增加的影响较小，水密度的变化主要受分子热运动速度加快的影响，所以在水温由 3.98°C 继续升高的过程中，水的密度随温度升高而减小，即呈现热胀冷缩现象。

在 3.98°C 时，水中双分子缔合水分子的比例最大，水分子的间距最小，水的密度最大。这一性质使得池塘、湖泊等水体在冬天表面封冻而不至于冻成一个实体，从而保护了水里的生物生命。

四、水与生物及生命

科学研究表明，地球上的生命最初是在水中诞

生的。水中生活着大量的水生生物。水是所有生物体的重要组成部分。在有机界，水分布在有机体一切组织中，包括骨骼和牙组织中。动物体内含水约 70%，成人体中水占 65%~70%，而新生儿体重的 80% 为水。水也是人体需要的六大营养素之一。植物含水占 80% 左右，树干的含水量平均为 50%，幼嫩的叶含水量为 80% 以上，新鲜黄瓜中水占 95% 左右，而水母中 98% 都是水。水本身也是良好的溶剂，大部分无机化合物可溶于水，水有利于生物体内化学反应的进行，在生物体内还起到运输物质的作用。水对于维持生物体温度的稳定起很大作用。

动物和植物两类生物的含水总量，可与世界陆地上的河水总量相比，如果人类不注意保护森林植被和保护动物，这个比值势必减少。

五、水在度量中的作用

1. 质量的单位“千克”的发展简史

质量的单位“千克”是国际单位制中的基本单位，符号为“kg”。它起源于米制发源地法国。1799 年，法国公布了“米制守则”，其中规定在标准大气压下， 1dm^3 的纯水在最大密度时的质量为“1 千克”。两年后，法国根据这个定义制造了一个铂圆柱体砝码，作为质量基准器——标准千克原器，保存在巴黎的国家档案局，并称为“档案千克原器”，只有法国自己使用。但在 1872 年发现，档案千克原器实际物体与理论定义相比小了 0.04g ，有较大误差。产生误差的原因是水的纯度不够，按定义复现有困难。1875 年，法国、德国、奥地利等 17 个国家在巴黎签署“米制公约”，并组织了国际计量委员会，成立国际计量局，同时决定放弃原来的“千克”定义。1878 年，国际米制委员会决定，按法国“档案千克原器”的质量，定制了 3 个高和直径都为 39mm 的铂铱合金圆柱体砝码，并分别与“档案千克原器”比对，其中质量最接近的一个，于 1889 年第一届国际计量大会上确定为“国际千克原器”。

国际计量局又先后加工复制了一定数量的副原器发售给米制公约成员国，作为这些国家的原器或质量基准。1889 年，第一届国际计量大会决议规定，从 1889 年 9 月 26 日起，将“千克”定义为：“等于国际千克原器的质量”。

各国千克原器与国际千克原器之间每隔一段时间比对一次，以确定各国千克原器的准确度。“国际千克原器”全世界只有一个，如果损坏将无法修复。

“国际千克原器”虽然已有 100 多年历史，但它仍有使用下去的可能，直到有更科学的方法代替它。它也是 7 个基本量中目前唯一剩下的实物基准，其他都已被自然基准更新了。

据德国媒体报道，存放于法国首都巴黎的由铂铱合金制成的国际千克原器，已“神秘地”比原来轻了 50 微克，给从事科学研究和数据统计等精密工作的人带来不少麻烦。不过德国一家科研机构最近宣布，借助一个“完美硅球”，科学家正尝试重新定义“千克”。该机构和俄罗斯、澳大利亚等国的科学家联合进行的“阿伏伽德罗计划”已经获得重要进展，目前已制成了由硅 28 构成的一个完美球体。科学家希望借助这个硅球重新定义质量单位“千克”。

2. 温度单位的定义

摄氏温标 (Celsius temperature scale) 符号为 $^{\circ}\text{C}$ 。1742 年，瑞典天文学家安德斯·摄西阿斯 (Anders Celsius, 1701~1744) 将一大气压下的水的沸点规定为 0°C ，冰点定为 100°C ，两者间均分成 100 个刻度，和现行的摄氏温标刚好相反。直到 1744 年才被修订成现行的摄氏温标。即在标准大气压 ($1.01325 \times 10^5 \text{Pa}$) 下，冰的熔点为 0°C ，水的沸点为 100°C ，中间划分为 100 等份，每等份为 1°C 。1954 年的第十届国际度量衡大会特别将此温标命名为“摄氏温标”，以表彰摄氏的贡献。目前，摄氏温标为世界上绝大多数国家采用的温度单位。

华氏温标 (Fahrenheit temperature scale)，符号为 $^{\circ}\text{F}$ 。1714 年，荷兰人丹尼尔·家百列·华伦海特 (Daniel Gabriel Fahrenheit, 1686~1736) 制定了华氏温标，他制成了第一支玻璃水银温度计。这种温度计的刻度是历史上最早出现的温标 (华氏温标) 来划分的。最初，华氏温标选用 NH_4Cl (氯化铵)、冰和水的混合物的温度为 0° ，而以人 (他妻子) 的体温为 96° 。此后，改为在标准大气压下，冰水混合物的温度为 32° ，而以水的沸点的温度为 212° ，中间分为 180 等份，每一等份代表 1 度，这就是华氏温标，用符号 $^{\circ}\text{F}$ 表示。至今，只有美国等少数国家仍在使用的。

华氏温度与摄氏温度的关系为： $T^{\circ}\text{F} = (9/5)t^{\circ}\text{C} + 32$ 。

3. 热量的单位

热量的单位卡是卡路里的简称，是计算热量曾用的一种单位，符号为 cal。使 1g 纯水温度升高 1°C 所需要的热量叫做 1 卡路里，简称 1 卡，有时亦

称 1 小卡。由于水的比热随温度不同而略有差异，精密的量度发现，把 1g 纯水从 1°C 加热到 2°C 时所需要的热量，比把它从 31°C 加热到 32°C 时所需要的热量大约多 1%，所以在精密测定中，是把 1g 纯水从 14.5°C 加热到 15.5°C 所需要的热量规定为 1 卡。通常不加区别而以 $1\text{cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ 为水的比热容。应用上为方便起见，常以 1 千卡作为热量的单位，称为“千卡”或“大卡”。由于推行国际单位制，卡属于被废除的单位，在教科书中已经不用了，可在生产、生活中仍被应用。

4. 比重

这一物理量在物理学中已经废除不用了，可在其他场合时不时被应用，常被看作是密度的代名词。要说比重，先说重度，重度是指单位体积的某种物质的重量。而某种物质的比重等于这种物质的重度和 4°C 的水的重度的比值 (或者是某种物质的比重等于这种物质的密度和 4°C 的水的密度的比值)。是一个无量纲的量，即这一物理量没有单位。在我国的中学物理教材中有一段时期的确将密度和比重混用过，且不说密度、只说比重。其实它们并不相同。

5. 水的电离与溶液 pH 值

水是一种极弱的电解质，它能微弱地电离： $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ ，通常 H_3O^+ 简写为 H^+ 。水的离子积 $K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-]$ ， 25°C 时， $K_w = 1 \times 10^{-14}$ 。 $\text{pH} = -\log_{10}([\text{H}^+])$ 。 $\text{pH} < 7$ ，溶液为酸性， $\text{pH} = 7$ ，溶液为中性， $\text{pH} > 7$ ，溶液为碱性。

6. 溶解度

水本身是一种良好的溶剂，大部分无机化合物可溶于水，水有利于科学实验中和生物体内化学反应的进行。

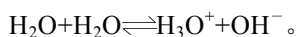
固态物质的溶解度表示在一定温度下，某固态物质在 100g 溶剂里达到饱和状态时所溶解的质量。如果不指明溶剂，通常所说的溶解度指物质在水中的溶解度。

气体的溶解度是指在 1 标准大气压和一定温度时，气体溶解在 1 体积的水里达到饱和状态时标准状况 (标准状况指在 1 标准大气压， 0°C 的情况下) 下的气体体积。非标准状况时气体的体积要换算成标准状况时的体积。

六、与水相关的化学反应

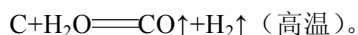
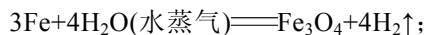
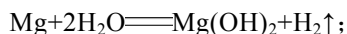
1. 水的电离

纯水中存在下列电离平衡： $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$ 或



2. 水的氧化性

水跟较活泼金属或碳反应时表现氧化性，氢被还原成氢气 $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\uparrow$ ；



3. 水的还原性

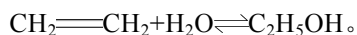
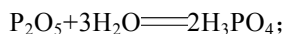
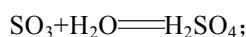
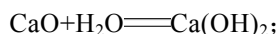
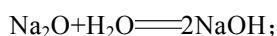
最活泼的非金属氟可将水中负二价氧化化成氧气，水表现还原性 $2\text{F}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{HF} + \text{O}_2\uparrow$ 。

4. 水的电解

水在电流作用下，分解生成氢气和氧气，工业上用此法制纯氢和纯氧 $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$ 。

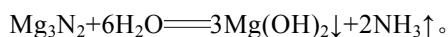
5. 水化反应

水可跟活泼金属的碱性氧化物、大多数酸性氧化物以及某些不饱和烃发生水化反应。

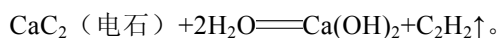


6. 水解反应

氮化物水解：



碳化钙水解：



卤代烃水解： $\text{C}_2\text{H}_5\text{Br} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{HBr}$ 。

七、水的比热容大这一性质的应用

1. 水冷系统的应用

人们很早就开始用水来冷却发热的机器（如内燃机）。在计算机中，常利用散热片将 CPU 产生的热量散发到空气中，然后利用风扇将散发到空气中的热量带走；但水的比热容远远大于空气，因此现在大型计算机都采用水冷系统将 CPU 产生的热量带走。我们熟悉的热机的冷却系统也用水作为冷却液，也是利用了水的比热容大这一特性。

2. 热水取暖

在冬天，人们往往用热水袋装热水后取暖；在北方供暖区用水作为传递热量的物质，都是利用水的比热容大这一特性，同时也利用了水分布广泛这

一性质。

3. 农业生产上的应用

水稻是喜温作物，在每年三四月份育苗的时候，为了防止霜冻，农民普遍采用“浅水勤灌”的方法，即傍晚在秧田里灌一些水过夜，第二天太阳升起的时候，再把秧田中的水放掉。根据水的比热容大的特性，在夜晚降温时，使秧苗的温度变化不大，对秧苗起了保温作用。

4. 对气候的影响

水对气候具有调节作用。大气中的水汽能阻挡地球辐射量的 60%，保护地球不致冷却，海洋和陆地水体在夏季能吸收和积累热量，使气温不致过高，在冬季则能缓慢地释放热量，使气温不致过低。根据距离海洋的远近形成大陆性气候和海洋性气候。

水的比热容大对气候的影响在小区域上也有明显的作用，诸如在炎热的夏天，古代皇室将水流从屋顶上流下，起了防暑降温作用；旅游度假圣地夏威夷，除了景色诱人之外，还有一个主要原因就是那里气候宜人，冬暖夏凉。据新华社消息，三峡水库蓄水后，这个世界上最大的人工湖将成为“空调”，使山城重庆的气候冬暖夏凉。据估计，夏天气温可能会因此下降 5°C ，冬天气温可能会上升 $3\sim 4^{\circ}\text{C}$ 。

5. 海陆风的形成

白天的时候，由于陆地的泥土比热容比海水的小，升温比海水快，形成空气的密度差，海面上空气的密度高于陆地上的密度，陆地上热空气上升后海面上空气流过来补充，形成海风。而晚上的时候正好相反，形成陆风。海陆风不仅体现在一天而且体现在某个季节。

水是最重要的液体，水对于生命体、环境、工农业以及人们日常生活至关重要，以上仅对水的常见的、熟悉的性质及应用作了一些简单的介绍，然而无论是水体本身，还是对水和其他物质作用的认识还需大大加深。例如在生物体中水的作用和变化很复杂，远远没有认识清楚。但随着科技的发展，水的其他性质越来越被人们所关注，如磁化水、去气水、电场水等的性质及运用已经引起了很多科学家的兴趣，相信在将来一定会取得一系列的成果，并造福于人类。

（甘肃省陇西县职业技术学校 748100）