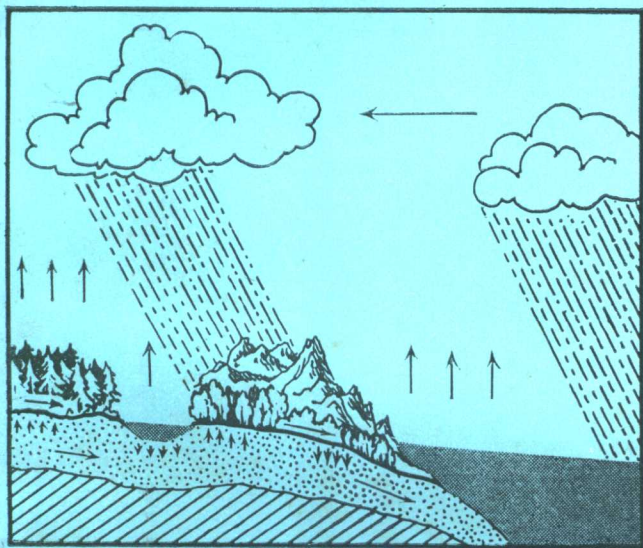


高中地理辅导丛书



地球上的水

阎玉龙
成松林 编著



5

地质出版社

高中地理辅导丛书

地 球 上 的 水

阎玉龙 成松林 编著

地 质 出 版 社

高中地理辅导丛书

地球上的水

阎玉龙 成松林 编著

责任编辑：杨 军

地质出版社出版

(北京西四)

河北蔚县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₃₂ 印张：9³/₁₆ 字数：198,000

1986年2月北京第一版·1986年2月河北蔚县第一次印刷

印数：1—3,370册 定价：1.45元

统一书号：7038·新174

序

水，是人们很熟悉的物质。她存在于地球上的洋、海、冰川、地下、湖泊、河流和沼泽中，活跃在大气、土壤、岩石和所有动植物的有机体中，既使在近于真空的星际空间和浩瀚的宇宙中，也可以找到她的踪迹。

水，是非常活跃的物质。她不断从海洋、陆地表面蒸腾到大气中，又不断从空中回归到海洋里，降落到地表上。她可以在陆地表面形成涓涓的细流、奔腾的河水，汇合进碧波万顷的海洋；也可以下渗到土壤中、地层下，成为地下水，一有机会又出露到地表，加入到地表水的行列。她会以气态、液态和固态的三种形式，几乎跑遍地球表面上的每一个角落。

水，又是一种奇妙的物质。地球上生命的产生和延续，要靠水；地球上气候的调节，要靠水；地球面貌的形成和变化，要有水的参与；地球上人们的生产活动，一刻也离不了水。

在地球表面上，如此平凡而又重要的水，究竟来自于何处，有哪些变化，起着何种作用；地球表面各种水体（例如，海洋水、河流水、湖泊水、地下水、冰川冰）的秉性、起因、归宿、功过怎样；作为自然资源的水，有些什么特性，在利用和开发水资源中，人与水之间又有什么矛盾，等等，这些内容在我们这本书中，都尽可能作了比较详细的叙述。读者在读完本书以后，对于水的成分、性质，对于地球

上各种水体的作用，对于水与人们的关系，都能有所认识。

本书还比较概括地叙述了我国的海洋、河流、湖泊、地下水、冰川以及水资源的分布、开发利用的情况。在本书的最后部分，还试着把与水有密切关系的自然地理学的某些分支学科，在我国的研究情况，作了简略的介绍。编著者之所以要这样做，是要说明，我国不仅有丰富的水资源，也有类型多样的水体，她们与各种其他因素配合，在我国形成了某些世界上非常独特的地貌形态。所有这些，为我国的国民经济建设创造了有利的条件，也为我国的科学研究，创立有关的科学理论，开辟了广阔的远景。

当然，由于编著者的水平有限，编写这样的读物又缺乏经验，加上某些资料的缺乏，书中会有各种缺点和错误。热忱希望广大读者批评指正。

最后，承中国科学院地理研究所副研究员汤奇成审阅了全书，徐芹同志清绘了本书的插图，在此表示衷心的感谢。

编著者

1985.9.于北京

目 录

一、奇异的水世界

(一) 水的家族	(1)
1. 两种元素 变化多端	(1)
2. 按温度分类的水	(5)
3. 按其它方式分类的水	(9)
(二) 变化的水世界	(11)
1. 水分循环	(12)
2. 水量平衡	(16)
3. 水运动与环境	(20)
(三) 水的成因	(24)
1. 星际空间中的水	(24)
2. 太阳系里的水	(26)
3. 地球水的来源	(30)
(四) 水在地球上	(33)
1. 大气中的水	(33)
2. 地球表面的水	(36)
3. 地下水	(40)
4. 水的作用	(43)

二、浩瀚的海洋水

(一) 海洋的画像	(49)
-----------------	--------

1. “海”和“洋”	(49)
2. 海底的轮廓	(53)
3. 海区观光	(58)
(二) 海洋水的“性格”	(64)
1. 又咸又苦	(64)
2. 冷热悬殊	(73)
3. 密度不同	(81)
4. 透明度和水色	(83)
(三) 波浪和潮汐	(87)
1. 波浪起伏	(87)
2. 潮汐涨落	(93)
3. 蓝色的“煤海”	(101)
(四) 水团和洋流	(104)
1. 冷暖水团	(105)
2. 洋流的习性	(106)
3. 世界的洋流	(111)
4. “埃尔尼诺”	(118)
5. 中尺度涡和浊流	(123)
6. 洋流的功过	(128)
(五) 富饶的海洋	(134)
1. 聚宝盆	(134)
2. 海底石油前景远大	(138)
3. 锰结核引人注目	(143)
4. 海洋开发	(150)
(六) 临近中国的海	(155)
1. 五大海区	(155)
2. 海岸与岛屿	(161)

3. 海洋财富·····	(163)
--------------	-------

三、多种陆地水

(一) 奔腾的河水 ·····	(167)
1. 河流是怎样形成的·····	(167)
2. 河水的工作·····	(170)
3. 河海交汇的地方·····	(175)
4. 我国的河流·····	(180)
(二) 平静的湖水 ·····	(188)
1. 湖泊的形成·····	(188)
2. 湖泊的作用·····	(195)
3. 水库、沼泽水·····	(199)
4. 我国的湖泊·····	(204)
(三) 地下的“海洋” ·····	(210)
1. 形形色色的泉·····	(211)
2. 地下水的来龙去脉·····	(215)
3. 地下水的功过·····	(219)
4. 我国的地下水资源·····	(225)
(四) “固体水库” ·····	(230)
1. 冰川杂谈·····	(230)
2. 第四纪冰期·····	(238)
3. 我国的现代冰川·····	(244)

四、珍贵的水

(一) 作为资源的水 ·····	(249)
1. 水资源及其特性·····	(249)
2. 人类对水资源的威胁·····	(253)

3. 我国地表水资源的分布.....	(260)
4. 我国水资源的开发利用.....	(264)
(二) 地理科学中的水文研究	(268)
1. 水与泥炭沼泽.....	(268)
2. 水与地貌的形成和发展.....	(272)
3. 水与冻土、泥石流和岩溶.....	(276)
4. 水与河口海岸.....	(280)

一. 奇异的水世界

(一) 水的家族

水，是人们所熟悉的物质，也是人们在生产和生活中离不开的资源。水的家族，既庞大又复杂。

1. 两种元素 变化多端

今天，任何一个普通的中学生都知道，水的分子是由氢和氧两种元素的原子组成的。但在古代，人们只知道水是简单的物质。据我国有关文献记载，古人认为水是五行（金、木、水、火、土）中的一种。古印度和古希腊的哲学家们也认为一切物质是由水、火、风（或气）、土四种“元素”（不是指现代化学上的元素）组成的。

1783年，人们做了这样一个实验：水中通电时，水能分解出氢和氧。以后，人们知道，水的分子是由2个氢原子和1个氧原子组成的，分子式为 H_2O （图1）。

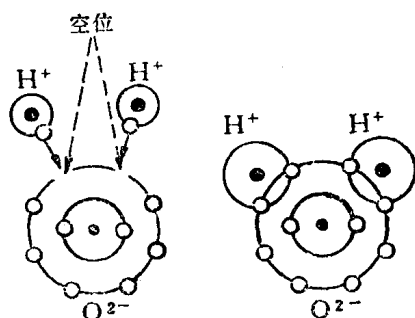


图1 水分子形成示意

水，虽然由两种元

素构成，但它的类型却极其复杂。

人们在深入研究了氢和氧的性质后发现，氢常有3种同位素（即质子数相同而中子数不相同的同一元素的原子），它们分别为氕 ^1H （相对原子量为1）、氘 ^2H （或写作D，相对原子量为2，也就是重氢）、氚 ^3H （或写作T，相对原子量为3，也就是超重氢）。此后，又查明氧的同位素也常有3种：即 ^{16}O 、 ^{17}O 、 ^{18}O （相对原子量分别为16、17、18的氧原子）。

于是，氢和氧这6种同位素，就可以彼此组合形成18种水： $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ 、 $^1\text{HD}^{16}\text{O}$ 、 D_2^{16}O 、 $^1\text{HT}^{16}\text{O}$ 、 DT^{16}O 、 T_2^{16}O 、 $^1\text{H}_2^{17}\text{O}$ 、 $^1\text{HD}^{17}\text{O}$ 、 D_2^{17}O 、 $^1\text{HT}^{17}\text{O}$ 、 DT^{17}O 、 T_2^{17}O 、 $^1\text{H}_2^{18}\text{O}$ 、 $^1\text{HD}^{18}\text{O}$ 、 D_2^{18}O 、 $^1\text{HT}^{18}\text{O}$ 、 DT^{18}O 、 T_2^{18}O 。这是水家族中的同位素亚种的名单。

在水的同位素家族里， $^1\text{H}_2^{16}\text{O}$ 这一种占了天然水的

表 1 天然水的同位素组成

水的分子	占全部水的百分数 (%)
$^1\text{H}_2^{16}\text{O}$	99.73
$^1\text{H}_2^{18}\text{O}$	0.20
D_2^{17}O	0.04
$^1\text{HD}^{16}\text{O}$	0.02
$^1\text{HD}^{18}\text{O}$	0.00006
$^1\text{HD}^{17}\text{O}$	0.00001
D_2^{16}O	0.000003
D_2^{18}O	0.000000009
D_2^{17}O	0.000000001

99.73%，其余的 17 种含量很低，合计只占约 0.27%，其中的 8 种又占 0.260073010%（表 1）由氕、氘和氚这三种氢原子所构成的水，分别叫作氕水（即一般的水）、重水和氚水（即超重水）。

地球上氘很少，平均每 6800 个氕原子中才有 1 个氘原子。人们发现超新星爆炸或银河系中心爆炸时，在冲击波中可能出现氘。在星际空间里氘要多些，平均每 200 个氕原子就有 1 个氘原子。

1979 年，天文学家发现银河系的边缘存在着氘（包含在氢氰酸分子中），但银河系的中心，氘却很少。据此，有人认为这些氘可能是大爆炸时形成的。从而，他们得出了宇宙将继续膨胀下去的结论。

在水的循环过程中，氕容易逸散至外层空间。所以，雨水中重氢往往比较多。

由重氢和氧构成的水叫重水，记作 D_2O 。它要比普通水重一些，密度也要大。在一个大气压时固态重水的熔点和液态重水的沸点都要比普通水高。自然界中的水可以气体、液体、固体三种形态存在。当压力在 4.58 毫米汞柱、温度在 $0.01^{\circ}C$ 时，普通水就以三种形态同时存在。但重水若以气体、液体和固体同时存在时，压力必须在 5.02 毫米汞柱，温度却在 $3.82^{\circ}C$ （表 2）。

重水在自然界普通水中只含有 0.02%，从普通水中提取重水，要消耗很大的能量，获得每公斤重水要耗电 13 万千瓦小时。因为重水是核反应堆的中子慢化剂，在大功率的原子核反应堆中需要它。它又是生产氢弹中的重要原料。所以，世界上重水的价格很昂贵。由于重水能使一些化学反应和有机物的生命活动减慢，在使用时要谨慎。

表 2 氘水和重水的物理化学特性 (液相)

参 数	H ₂ O	D ₂ O
相对原子量	1	2
密度 (克/厘米 ³)	1(4°C时)	1.1056 (11.2°C时)
熔化的温度 (°C)	0	3.79
沸腾的温度 (°C)	100	101.41
热容量 (0°C时, 卡/摩尔)	18.00	20.13
气化潜热 (100°C时, 卡/克)	539	798
溶解度 (25°C时, 克/公斤)		
氯化钠的	359	305
氯化钡的	357	289
表面张力 (25°C时, 达因/厘米)	71.97	71.93
电离常数	1.1×10^{-14}	2×10^{-15}

在结冰的条件下, 重水容易被冻坏。所以, 高山上的雪和冰中含有重水较少, 而氘水较多。由于氘对生命有抑制作用, 因此, 有人认为不少世界文明发源地的兴起, 与那里的人们经常利用冰川雪水有一定的关系。

氢和氘的氧化物叫氘化水, 记作HDO。它是普通水和重水之间的水, 性质也介于两种水之间, 密度为1.05克/厘米³, 是生产重水时的中间产物。

由超重氢(氚)和氧构成的水叫氚水(也叫超重水), 记作T₂O。氚是一种放射性同位素, 它放出β射线, 所以氚水是有放射性的。它的密度为1.2克/厘米³, 熔点是4.49°C, 沸点却为101.51°C。气、液、固三态同时存在时, 压力是

4.87毫米汞柱，温度为 4.49°C 。

地球上的氚总量只有7—14公斤，为氢的 10^{-13} 倍，所以，地球上的超重水与重水相比显得更少。它很容易与空气中普通水进行氚交换，形成氚化水（记作HTO）。氚化水的密度为 1.1克/厘米^3 ，气、液、固三态共存时，需要的压力为4.73毫米汞柱，温度为 2.25°C 。由于氚化水有放射性，可以进行示踪研究，广泛地应用在医学、生物、物理、机械、化学等方面。

2. 按温度分类的水

按物理性质，特别是温度，可以把水分为五个类别。它们是过冷水（ $<0^{\circ}\text{C}$ ）；冷水（ $0-20^{\circ}\text{C}$ ）；温水（ $20-37^{\circ}\text{C}$ ）；热水（ $37-50^{\circ}\text{C}$ ）；高热水（ $50-100^{\circ}\text{C}$ ）和过热水（ $>100^{\circ}\text{C}$ ）。这是水家族中按温度分类的名单。

我们知道，水一般冷却到 0°C 就开始结冰。尽管如此，水并不总是到 0°C 就马上结冰的。一般情况是在结冰开始之前，水温要降至比 0°C 低些。这种现象叫作过冷却，所形成的水就叫过冷水。普通的冰有个特点，就是加大压力时，它的熔点会下降，当压力在134个大气压时，冰的熔点是 -1°C ，因而这时也会形成 0°C 以下的过冷水。

过冷水的量一般是很少的。在多年冻土区的地下水中，过冷水较常见。这可能是由于冻土产生的“冷气”从周围的岩石或从深部，进入到了地下水所致。

初冬时，北方某些河流在还没有完全冻结但已有冰覆盖的地段，因出露的水面强烈放热，水就处于过冷状态，成为过冷水。有些多石滩的河流地段，水流流得很快，发生强烈的混合，因而在河流的底部形成了底冰，现在也经常称为

“水内冰”。水内冰大量堆积会堵塞水下建筑的洞眼。1914年12月，俄国彼得堡城内所有的自来水突然停止了供水，工厂被迫停产，锅炉也因缺水随时都有爆炸的危险。当潜水员潜入涅瓦河底时，发现河底布满了一层密密的、几乎有1米厚的海绵状疏松冰层。这些冰层由一层层脆的、半透明冰的薄片组成。直径2米，带有金属网的自来水受水管的喇叭形管口，竟然被0.75米厚的疏松冰层密密地覆盖住。以后，清除了这层冰层，自来水才开始“自流”。

科学家在南极进行考察时，发现在南极冰冠下几米至3000米下有9个湖，湖水的温度是 -2°C 。据测定，南极3000米深处，压力高达270个大气压，这时冰在 -2°C 就熔化为过冷水。这些水聚集成9个过冷水湖。

地球大气中的过冷水比较常见，云就是过冷水滴和冰晶的混合物。云中水滴的直径很小，一般只有20—50微米，它们在温度远低于 0°C 时，仍然处于液态。云中的这种水就是过冷水。当一块云作为一个整体而被冷却至 0°C 以下时，云中的水在冰点以下仍不凝结，这是一种普遍的现象。据研究，当温度约低于 -12°C 时，云完全由过冷水滴组成； -12°C — -30°C 时，过冷水滴中才混有冰晶。云中有些很小的水滴，在冻结之前甚至可以降温至 -40°C 。

不久前，美国盐湖城犹他大学的两位科学家，用测云激光雷达测到，在科罗拉多州博尔德地区8.2公里高空的卷云下层中，有91.5米厚竟由过冷水组成，温度为 -35°C — -36°C 。他们认为，在那里空气极为干净，缺少尘埃，因而水滴没有冻结为冰晶。

热水和过热水一般出现在地下。

根据各种资料推断，在地壳底部温度约为 900°C — 1000°C 。

到 100 公里深处的地幔上部，温度可达 1300°C 左右。当大气降水渗入地下以后，这些水分不断地被地下的热量加热，形成高温热水。在有特殊热源的地下，如现代火山区或岩浆活动区，地下水会被加热到几百度的高温，从而形成高温热水和过热水（图2）。

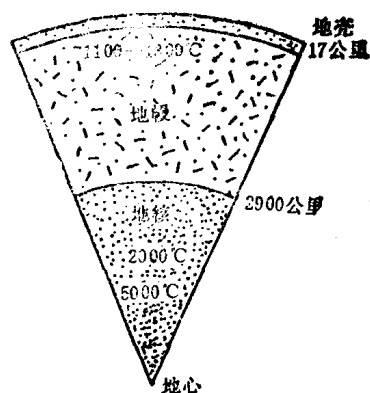


图 2 地球内部温度示意图

根据大量深钻孔资料来看，地壳中存在着一个连续的热水圈，这个圈的上部界线大约在地下5公里处，下限大约在15—35公里深处。在这个深度以上，地下热水可以呈液相存在。这个深度以下，由于压力很大（例如，在地壳深处60公里深处，压力可达3万个大气压），因而，现在还很难想象水的状态（图3）。

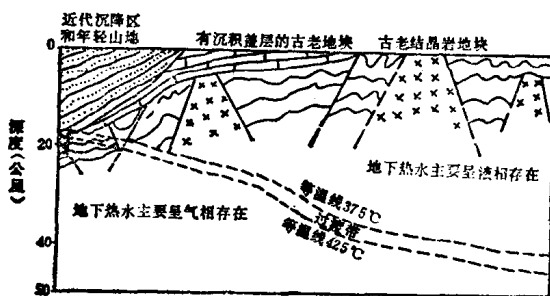


图 3 地下热水圈示意

地下热水圈自上而下可以分为三个带。

(1) 温度低于 100°C 的地下热水带。如果是正常地热区(每深100米增温 3°C 的地区)的地下热水,一般分布在地下3000米深处。这种热水矿化度较高。如果储存在含盐的岩层中,则矿化度更高,可达300克/升以上。水中盐类以氯化钠和氯化钙为主,气体则以氮、甲烷、硫化氢为主。如果是异常地热区(一般指有现代火山活动和岩浆活动,以及地下水从深处沿断裂通道上涌等,温度递增不按每深100米增温 3°C 变化的地区)的地下热水,深度一般在地下数百米的范围内。这类地下热水的化学类型都为氮气水。盐类有以硫酸钠—氯化钠为主的,也有以重碳酸钠—硫酸钠为主的,主要是因周围所处的岩石条件不同所致。

(2) 温度高于 100°C 的过热水带。由于地下深处压力很高,有高于 100°C 时的热水存在,称为过热水。在现代火山和近代岩浆活动区,可以在地下几百米至1000—2000米范围内,形成温度达几百度的高温过热水(或蒸汽)。过热水的压力可达几十至100—200个大气压。在现代活火山直接影响的地区,这种水的主要成分为硫酸和含铁、铝等的硫酸盐,气体成分为二氧化碳、二氧化硫等,属硫酸—碳酸水类型。若是在现代火山区深处、高温还原条件下的热水,则主要以氯化物为主,气体以二氧化碳和氮气为主,属碳酸水或氮气—碳酸水。

(3) 温度大于 375°C 的超临界温度的过热水带。水的临界温度是 375°C ,在此温度下,无论多大压力,水都不能呈液相存在。但由于深处热水中溶解有大量的盐类,为高浓度的天然热水溶液,所以有人推算,这样的水其临界温度可以提高到 425°C 。也就是说,在地壳深处 $375\text{—}425^{\circ}\text{C}$ 之间的