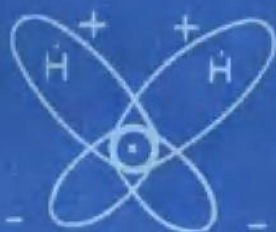


水的世界



[苏]B.Φ.捷尔普戈里兹 著



科学出版社

水 的 世 界

〔苏〕B. Φ. 捷尔普戈里兹 著

孙德佩 译

科 学 出 版 社

1 9 8 3

内 容 简 介

本书以广大读者喜闻乐见的形式提出了天然水及其物理、化学性质的概念。阐述了天然水起源的假说并介绍了大气圈、岩石圈和生物圈中水的存在形式。同时探讨了宇宙中水在地球和太阳系其他天体上的分布和性状。作者还深入浅出地介绍了水的最新资料，兴趣盎然地描绘了水的奇闻轶事。不少原理立论新颖，引人入胜。

可供具有高中文化水平的读者阅读，也可供高中和中专地学教师，地质、物理专业工作者参考。

В.Ф.Дерпгольц

МИР ВОДЫ

Издательство «Недра», 1979

水 的 世 界

〔苏〕В.Ф.捷尔普戈里兹 著

孙德佩 译

责任编辑 陈菲亚

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学出版社印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1983年7月第一版 开本：787×1092 1/32

1983年7月第一次印刷 印张：7 2/1

印数：0001—5,350 字数：166,000

统一书号：13031·2282

本社书号：3123·13—13

定价：0.95元

译者前言

水是人类赖以生存的神秘物质。但是，诗人说水是生命的摇篮，学者说水是科学的一面镜子。您是否认为言过其实？请先到光怪陆离的水世界里去体察一番，然后也提出自己的看法吧！

本书作者是设身处地这样作的。他向读者深入浅出地介绍了水的最新资料，兴趣盎然地描绘了水的奇闻轶事，简明扼要地阐述了水的物理、化学和生物学性质（普通性质和异常性质），并以地球起源、地壳结构为出发点，独出心裁地论证了地球在太阳系里之所以具有得天独厚的特异功能，正因为它是“蓄水的行星”的观点。

作者捷尔普戈里兹（В.Ф.Дерпгольц）是一位毕生致力于水科学研究的地质学家。他的思想很活跃，常因立论新颖而引起学术界的热烈争论和巨大反响。比如，他认为初生水在深层地下水的形成中起独特作用一说，便是很需要进一步探索的问题。遗憾的是，作者已逝世，即或作者有充分的论据也无法战胜自己的论敌了。奇怪的是，作者的思想并没有因为他本人的逝世而泯灭，反而受到重视，遗著《水的世界》发行量之大便是明证。

水是大自然总画面的经纬。《水的世界》带有百科全书的性质，很值得一读。译者在翻译过程中力求准确、鲜明、生动，对原书少许错误作了订正。由于原书内容丰富而篇幅有限，行文结构可能不十分严谨，加之译者才疏学浅，关于水的知识面也不广，翻译功力不足，谬误之处仍在所难免，诚

悬希望读者予以批评指正。

感谢北京图书馆参考研究部为我查找文献资料而付出的辛勤劳动。

译者于河北地质学院

1980年11月20日

序 言

尽管自然界中的一切事物都互相联系着，并且每一个细节都很重要，但是在生物界和无机界的自然均衡中毕竟有一些个别的现象和物体比较重要，而另一些现象和物体则不那么重要。要知道，把手指和心脏的重要性等同起来是绝对不允许的。所以，很自然地就会产生这样一个问题：我们周围的物质世界中最重要物质是什么？可以深信不疑的答案只有一个，即天然水。这个答案对于我们的行星地球来说，在任何情况下显然都是正确的。这不是作者的臆想。请读者自己去体察弄清这个问题。

请您走进地下溶洞。那些多层的洞室廊道、拱形大厅，时而上耸，时而下垂的奇石怪柱等千姿百态的艺术造型一定会使您惊讶不已。您在这些地下的楼阁厅堂里，有时还可以遇到潺潺流水的小溪或能够荡舟的大湖。是哪一位建筑师修建了这座神话般的地下宫殿呢？天然水！

遥望天空，您会看见绵亘几十、几百，甚至几千公里的云和雾。当你看到云雾在笼罩我们这颗行星的空气大洋里轻盈飘荡的时候，不要以为它们没有重量。一立方公里的云重约2,000吨呢，而它仍然是由天然水组成的。

您对陆地上川流不息的溪、涧、江、河都很了解吧。这些地表迳流，有时从几十、几百米的高处飞瀑直下，金刚石微粒般的水珠儿溅满千百米的高空，经阳光普照色彩缤纷，变幻成虹；有时则形成深邃湍急的激流在崎岖峥嵘的山岩中狂奔。巨大迳流即或在坚硬致密的岩石中也能穿凿出几百公

里长、几十公里宽、几百米深的河谷。这一切都是天然水造成的。

我们的行星，在漫长的地质年代里经历过骇人听闻的大灾大难，在人类出现后的短暂时代中也遭受了不少祸殃！台风、龙卷风、海啸、地震、海震、火山爆发等常在几小时，甚至几分钟内使整个城市立即毁尽，使成千累万人顷刻丧生。而当我们研究这些灾难事件并探索它们的自然机理时，就会看到事件过程中均有天然水参与！

地球表面的大部分，即71%左右是被大洋水覆盖的，而大洋又是由地表水总量的97%和岩石圈水总量的半数所组成的。大洋的平均深度为11公里。如果削平大陆填到大洋盆底，那么整个地球将覆被3公里厚的水层。

组成岩石圈的土壤和岩石也始终蕴涵着水。不要以为这一论点只适用于潮湿地区。其实，在多年滴水不落的地方，这一论点也成立。甚至对“无水”的最大沙漠——撒哈拉来说这一论点也是正确的。既然撒哈拉如此，那么在我们这颗星球上便没有任何一个自然对象、物体、微粒可以无水。一切生物和非生物都包含水。在火山口喷射出来的灼热的岩浆里也有水，而且为数不少。你要知道，喷气式飞机划破长空后留下的轨迹正是大气中蒸发的水滴。

我和你们——敬爱的读者，本身也都是由70%的水组成的。在我们的硬食和软食——蔬菜、肉、鱼、面包、米、奶里什么东西最多呢？天然水！新生儿最初接触到的是什么物质呢？是给他洗浴时用的水。甚至新生儿第一次呼吸也得到了空气中平时就有的水。一个健康人在什么地方休息感觉最舒适呢？当然是在温暖的江、河、湖、海里沐浴的时候。难怪，一些生物学家认为，浅水潟湖是生命的摇篮。即或生命不是在地球上起源，而是从星际空间以单细胞有机物芽孢的

形式来到地球上，那么浅水潟湖也还是生命的摇篮。

天然水随时随地，比比皆是！有充分理由可以把水看作是无所不在的“神明”。这不是艺术的夸张。请看那一望无际的平原吧，有的从南到北、从东到西延展几千公里。平原底下的基础是什么？漫无边际的旷野叠摺着什么样儿的岩层？多半是沉积岩。可是你知道它多厚吗？以里海低地为例吧！它的岩层厚度足有15—20公里。当今世界无论哪个钻孔也没有达到这个深度，近期亦未必能够达到。又是谁创造了这些厚得离奇的岩层呢？天然水！水，不仅造成岩石，而且还含在岩石之中。难道可以在尚未认识水的奥秘之前便如此冷漠地置自然界这一奇特现象于不顾吗？

的确，人类对水的独特性有过虔诚的认识，也竭力追求过这一奇异物质的新知。譬如说，6000年以前的苏麦尔人¹就有了水起主导作用的宇宙起源的概念：“昔日上无苍苍天，下无茫茫地。谁为主宰？谁人称帝？洋神阿布苏，海神恰玛蒂！”

座落于美索不达米亚平原的古老城市国家苏麦尔的巴比伦城（巴比伦：阿卡德语“天门”之意）有一部《创世》长诗，它描写了世界洪水及护水神与地狱恶魔斗争的故事。这部长诗比圣经早得多。

晚古的埃及人根据在他们的国家里盛行了上千年的宇宙起源论确信，起初既没有天也没有地，只有初生水充斥着被昏暗环绕的混沌宇宙。

2600年前的古希腊哲学家泰勒斯·米利都（Фалес Милетский）认为水是万物的本源。

中世纪的炼丹术士用倒置的等边三角形▽作为水的符号，以表示水是美的化身。“如果物体不被溶解，那它便不能起作用”炼丹术士的这一基本理论，至今仍未失其真谛。

德国大教授奥艾尔巴赫(Ф.Ауэрбах)写道：“最惊人、最美好的东西是水”。美国物理学家约翰·戴(Дж.Дэй)和化学家戴维斯(К.Девис)认为水是科学的一面镜子。作者效法这一成功的借喻也可以颇有根据地说，对水的态度是鉴定自然科学家的一面镜子。作为科学家对水的态度越严肃认真，他在自己的同事队列里便能站得越高。作者注意到，没有空气可以有生命(比如厌氧菌)，而没有水便不会有生命。

著名的法国作家安东·德·圣艾克鸠壁(Антуан Де Сент-экзюпери)关于水说过如下的话：“说你是生命之必需，那可不一定，因为你本身就是生命……你是世界上最宝贵的财富。”

水物理化学领域里的权威大师弗里兹曼(Э.Х.Фрицман)在其论述天然水的经典著作中(1935年)强调指出：“自然界中没有任何一种物质在地球表面及其下部地层里能够起到象水那样卓越而又非凡的作用……科学和技术证实了人类早期的一个基本论点：万物皆生于水，换句话说，水丝毫无愧于 aqua^①的称号：aqua omnia sunt²”(1935年版5页、157页)

现代思想家们所赋予水的意义，以大学者、一系列新学科的奠基人、生物化学家和矿物学家维尔纳茨基(В.И.Вернадский)院士的为最佳：“水独特地存在于我们这颗行星的历史中。没有任何自然体能同它对宏大地质进程的影响相比拟。没有任何一个地物(矿物、岩石、生物)内不含水。一切地物……都被水浸透着，笼罩着。”(1960年版16页)

作者应先表歉意，本书误漏之处自然是不可避免的，关键在于书的结构不可能十分严谨。同时，还需强调，本书(其实别的书也一样)所反映的全部科学“真理”均无绝对含

①aqua(拉丁语)——水。

意，而只有向真理趋近的意思。正如法国著名的地球化学家贝那尔(А.Бернар)特别指出的那样：“任何一个科学事实都只是接近，即相似。无误差的科学一般是沒有的。”施里奥德(Ю.Шредер)于1969年写道：“通常所说的迷信，就是对科学的绝对正确、对科学真理的无可非议太深信不疑了……让我们一起摆脱以为科学无所不知的偏见，并排除科学的窘态吧！作无误差的答案，至少在现阶段是办不到的。”

但愿读者不要因为已产生的或可能产生的与地球天然水有关的问题沒有得到全部答案而抱怨。书的篇幅有限，作者的精力有限，而问题的数量却是无限的。

虽然本意是写一本科学普及书(或者可以认为它是一部普及科学的书^①，也就是说有时它以非天然水方面的专家为读者对象)，但作者以为还是可以把至今尚未得到专家们公认的假说和思想也写进去，借以期望这些思想的交流去冲破沉闷的气氛，使思维活跃起来。绍(Б.Шой)说得好：“假如你有一个苹果，我也有一个苹果，我们交换一下，那么你我还是每人只有一个苹果。而若是你有一种思想，我也有一种思想，我们交换一下，那么你我就是每人都有两种思想了。”

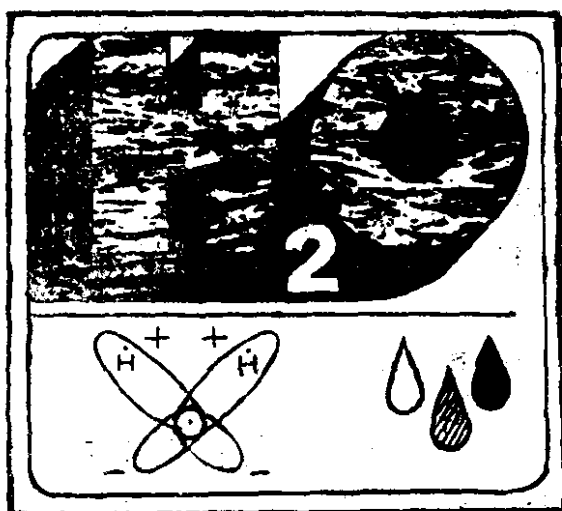
① 为广大读者撰写科学书籍，怎样要求，宗旨如何还很不清楚。有鉴于此，卡尔加诺夫(М.И.Калганов)写道：“如果是普及书，写得不太普及也不必忧心忡忡。它还有专家读者，他们需要深入浅出的文献资料。”

目 录

译者前言·····	(iii)
序言·····	(v)
第一编 水为何物·····	(1)
第一章 水的物理学·····	(1)
第二章 水的化学·····	(31)
第三章 活质中的水·····	(41)
第二编 地球的水·····	(54)
第四章 地球是我家·····	(54)
第五章 大气圈里的水·····	(79)
第六章 地球表面的水·····	(94)
第七章 地球内部的水·····	(137)
第八章 地球的水量·····	(154)
第九章 天然水的起源与形成·····	(159)
第十章 千变万化的水世界·····	(169)
第三编 地球以外的水·····	(177)
第十一章 星际空间、彗星、小行星和陨石中的水·····	(177)
第十二章 行星的含水性·····	(182)
结论·····	(215)
注释·····	(220)
参考文献·····	(224)

第一编

水为何物



在物理学和理论化学所研究的一切物质当中，水的许多性状最难研究。

B.B.舒列伊金 1968年

第一章 水的物理学

纯水，自然界中有纯水吗？

当然，我们所说的纯水不是指洁净的卫生用水，而是指从学生时代起我们就习惯的、成分上符合化学式 H_2O 的水。这时，氢作为这个化合物的一个组分，相对原子量为1，氧为16。纯水不含其它任何溶解物或悬浮物。它由2分重的氢和16分重的氧组成，自然界没有这样纯的氢的氧化物，即或在现代化的实验室里用人工方法得到这种物质也极其困难。就是能够得到，存在的时间也非常短暂，几秒钟而已³。

水是一个集合概念

天然水无论在哪里，也无论处于怎样的聚集状态，从来就是其它(气态、液态或固态)物质的溶液，有时也含少量另外种类的水(氢、氧相对原子量不同，性质不同的水)。

读者问道：“这样一来是不是就连无杂质的纯水也有许多种类呢？是不是因此才说水是一个集合概念呢？”是的！毫无疑问，可以根据不同特征把纯水彼此区别开来。但是，在研究纯水的分门别类之前，必须首先详细研究一下我们习惯上用 H_2O 描述的水是什么，它具有哪些性质。

水的理想分子结构如何

从物理学的观点来看理想的“纯”水到底是什么呢？和大多数的物质一样，水由分子组成，分子由原子组成。原子的结构如下：形成电子云的

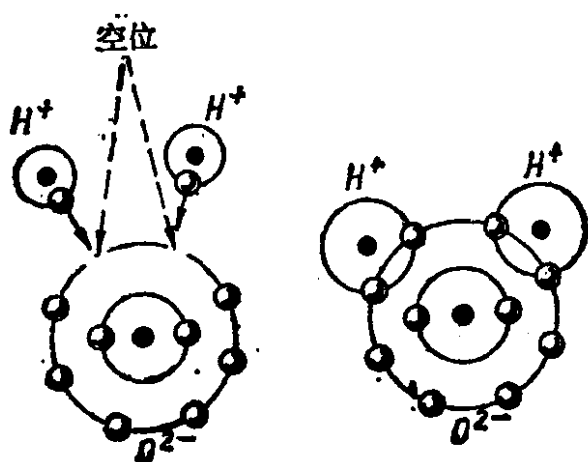


图1 水分子形成示意图

负电荷电子围绕着正电质子核沿固定层的不同轨道旋转。任何元素的原子，每一层的电子数严格一定。譬如，氢原子只有一层1个电子，而氧原子则有2层：内层2个电子，外层6个。水的分子由2个氢

原子和1个氧原子组成，如图1所示。2个氢原子填补外层电子不足(应为8个)的2个空位使其稳定。

虽然认为一个水分子的2个氢原子在氧原子中心的夹角可能近似于 180° ，但实际上这个夹角却小得多，总共只有 $104^\circ 27'$ (图2)。由于分子内力没有完全补偿，剩余的內力便使电荷的分布不对称，不对称的分布造成水分子的极性。水的极性比其它物质的极性大得多，它制约着水的偶极距和介电常数。水的介电常数极大，它决定着水溶解各种物质的强度。 $0^\circ C$ 时水(固相)的介电常数为74.6；介电常数随温度

的升高而降低。比如20°C时水的介电常数等于81。这是什么意思呢？这是说，水中的两个相反电荷相互吸引的力等于空气中它们相互作用力的八十分之一。这是说，离子要从任何一个结晶盐里分解出来，在水里比在空气里容易得多，相差80倍。

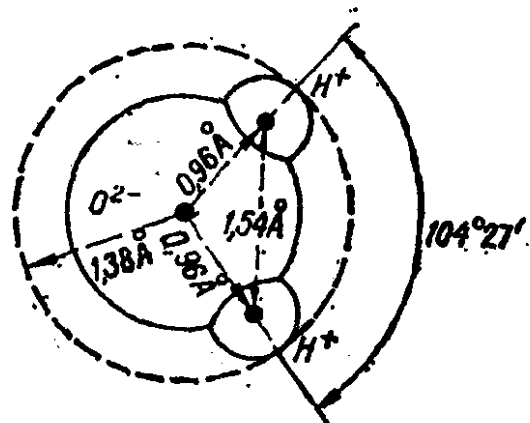


图2 水分子的几何图形(气态)

水分子结构的许多示意

图，都是用测定分子和原子性状和性质等某些指标的仪器在间接观察出来的现象上拟定的。同时应当记住，无论原子还是分子都没有清楚的边界，因为轨道的形状和大小都无法确定。实际上电子沿轨道旋转形成电子云，电子云由电子的动力状态而决定(图3)。电子的动力状态视温度而定，可以是静止状态，也可以是激发状态。由此可知，分子和原子的计

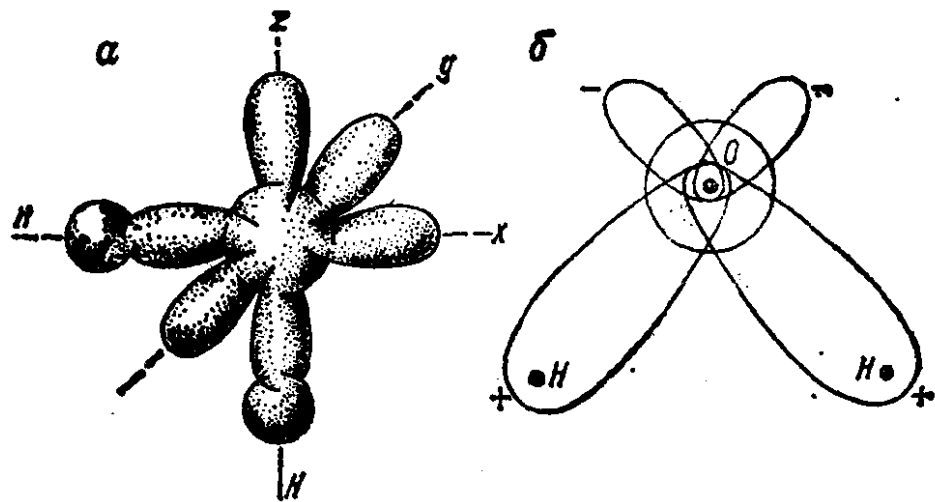


图3 水分子的假设模型

a——电子不在一点集中，而在与电子云外壳相重的轨道上满布（氧原子的两个内层电子的轨道呈球形，而外层电子沿直角坐标系的三个轴呈立体B字形）；b——氢原子的两个原子的轨道向外延伸很长。

算半径值是各不相同的，分子和原子的假设模型也是概括的（见图1-3）。

水的性状和别的物质相比正常吗？

虽然习惯上总是把水作为衡量其它物质的密度、体积等特性的标准，而实际上水却是其中最异常的物质。水有许多惊人的异常特性。试分析主要几项如下。

密度 大家知道，一切物质受热时都增大自己的体积并减小密度。水也同样有这种性质，但 0 °C 到 4 °C 区间例外，此时随着温度的升高，水的体积并不增加，而是缩小。4 °C 时水的密度最大（图 4）。因此，水的体积和温度之间的关系

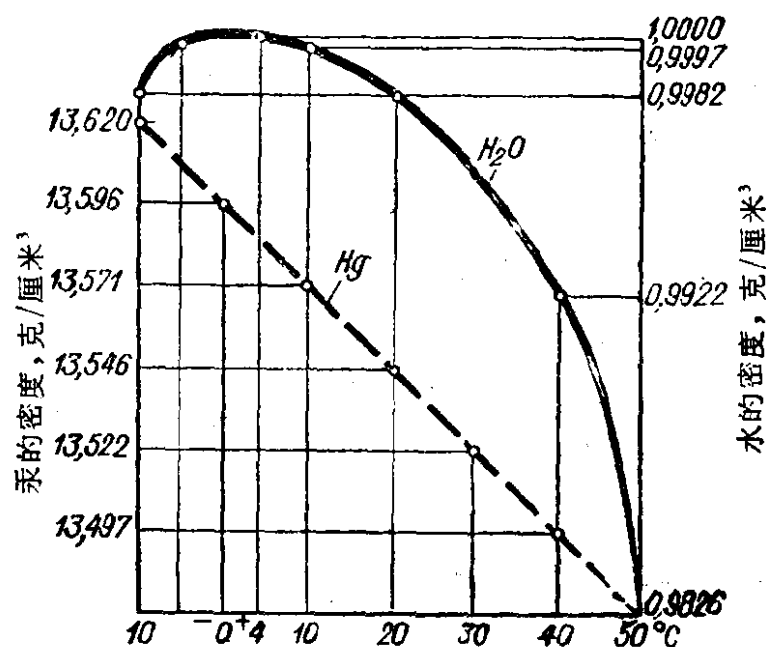


图 4 水和汞的密度随温度的变化

不是直线（和其它物质在正常条件下一样），而是曲线。比如，3 °C 和 5 °C 时，水的单位体积的质量与 0 °C、2 °C 和 8 °C 时一样。尽管水有上述异常，但仍然是密度的标准，4 °C 时一立方厘米水的质量为一克。

若是温度继续降低，水的体积会怎样变化呢？原来，低于 0°C 体积继续增大，直到过冷却时。但是，过冷却是需要特殊条件的：水处于完全静止状态，冰没有结晶核心（尘埃、冰晶粒等）（图 5）。

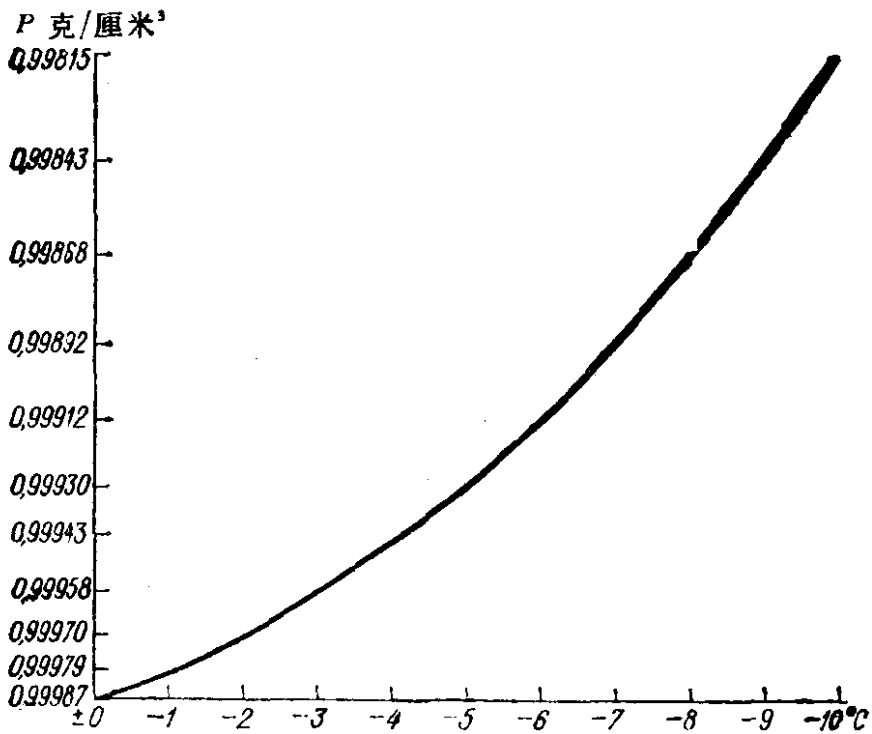


图 5 过冷却水的密度与温度的关系

没有溶解气体的水可以过冷却到 -70°C 而不结冰。倘若轻轻震动，倘若有冰粒或其它结晶核心进入，水便刹那间结成冰而温度急速（由 -70°C ）上升到 0°C 。水还可以达到 150°C 而不沸腾，但一旦有气泡进入这样的加热水中，它的温度急速（由 150°C ）降低到 100°C 。

水冻结时体积突然增加 11% 左右， 0°C 冰融化时，水的体积突然缩小。冻结时水的体积增加不论对自然界还是对工业技术都产生很大影响。封闭空间里的水冻结时，也变水为冰，体积增大，观察指出由此产生的过剩压力可达 2,500 个大气

压。水在封闭空隙、岩石裂隙里冻结时之所以能把好多吨重的巨石胀裂，并进而裂成碎片，以及水在冰椎体内和导管里冻结时之所以能产生可怕的爆炸，其原因全在于这个过剩压力——破坏力。

这里应当先作一重要声明，即以上研究的全部过程，仅仅是在绝对压力等于一个大气压和在指定的各种温度下发生的。压力升高时，水将发生什么现象呢？水的冻结温度随压力的升高而降低。大约每升高130个大气压水的冻结温度降低 1°C 。比如，500个大气压时， -4°C 开始冻结，而2,200个大气压时，冻结温度就是 -22°C 了。水的这种关系是异常的，因为其它物质的冻结温度随压力的增加而升高，与水正好相反。水的这种异常在自然界中是很重要的。即便不考虑水中溶解的盐类，大洋的深部也不会冻结。比如4,000米深处的水 -3°C 时就不冻结，再深当然更不会冻结。

液态水的密度随温度的升高而减小：由 4°C 时的最大密度1到沸点 100°C 时的密度减小4%（由1到0.95838）。

随水的矿化度（即水中含矿物质的量）增高，温度也增高，水在这个温度下密度最大。比如，全球大洋表面水的密度为1.02813，而10公里的深处为1.07104（差0.04291或4%）。因此，水实际上不可压缩的固定观点只适用于较小的压力。假如水是完全不可压缩的，那么大洋水面就要升高30米。在这种情况下，比如列宁格勒吧，将大部淹没于水下。

正如前面已经强调的， 4°C 时水的密度最大是自然界里的重要实况，而冰比水轻，所以漂浮在水面上。如果没有这一点，那么水体、水流于冬季时便一冻到底，对于水中的一切生物便是大灾大难。其实，水的这个特点在某些条件下也有例外。关于水底冰和水内冰形成的可能性问题，我们准备放在地表水一章里去作较详阐述。