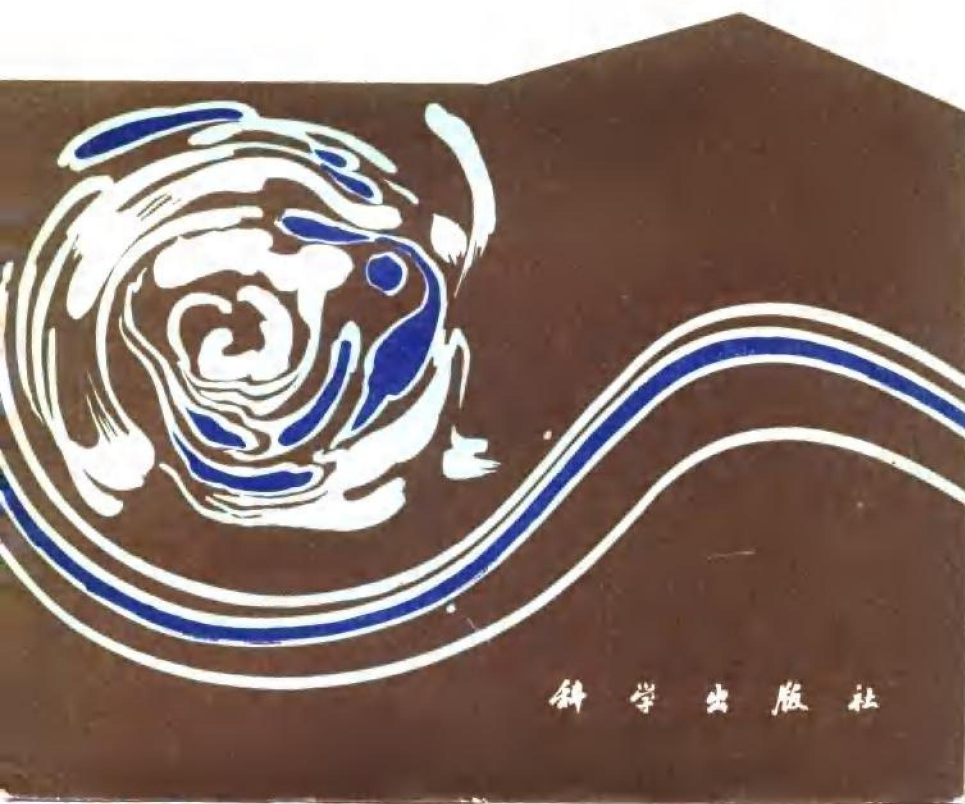


看不见的 海洋



科学出版社

看不见的海洋

叶锦昭 编译

科学出版社

1980

内 容 简 介

这是一本介绍地下水基本知识的通俗读物。它概述了地下水的形成、运动、性质及其变化规律，也讲述了目前国内对地下水资源的开发利用情况。可供具有中等文化程度的青年、干部阅读，也可供有关专业的师生参考。

看 不 见 的 海 洋

叶 锦 昭 编 译

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

中 国 科 学 院 印 刷 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1980年 8 月第 一 版 开本：787×1092 1/32

1980年 8 月第一次印刷 印张：4 1/4

印数：0001—8,750 字数：78,000

统一书号：13031·1293

本社书号：1796·13—14

定价：0.36元

海洋地质

绪 言

我们常说的海洋是指地球表面上那浩瀚无边的、深蓝色的水域，在那里巨轮可以自由航行，海鸥与信天翁可以掠过海面展翅飞翔，海面以下生存着大量的生物，大的有鲨鱼、鲸鱼，小的有美丽的贝类，种类繁多，形态万千，它们在那广阔世界里穿来穿去，自由地游玩、觅食。大海从远处传来的滚滚波涛，有节奏地拍打着海岸，时而似雄狮咆哮，时而似友人私语，海洋与天空之间相互衬托，发出绚丽的光彩，好象是一个神话世界，人们看了这种景象不能不感叹它的博大，它的雄奇，它的富饶……。

在地球上还存在着另一种似乎是极其微妙的，为我们所看不见的海洋，它深浅不等地埋藏在地表下，这种海洋的水常常活跃在地下的广阔空间，诸如岩石的裂隙、岩洞、地洞，在这地下空间中的海洋，有些地段舰艇可以航行，这个海洋的水有时可以穿岩破壁突然出露在地面上，在人们不注意的时候飞喷出来。这种海洋完全可以和地球表面上的可见海洋相媲美，因此，我们称它为“看不见的海洋”。

地球表面上可见海洋的体积约为 1.5×10^9 立方公里，或 15×10^{17} 吨，而看不见海洋的体积为 0.5×10^9 立方公里，或 5×10^{17} 吨，即是说，可见海洋的体积与看不见海洋的体积

之比是：3：1。大家知道，地表的海洋是由四大洋——太平洋、大西洋、印度洋、北冰洋组成，其中大西洋的体积约为 0.5×10^9 立方公里，或 5×10^{17} 吨。也就是说，看不见海洋的体积相当于地表上大西洋的体积。因此，以体积或者以质量来说，看不见海洋完全类似于地表上的一个大洋，只是它们所处的空间不同。

地表上可见海洋与地表下看不见海洋之间虽然有相似之处，但是，它们仍然有很大的差别。比如，可见海洋有接连不断的水域，无边无际的空间，而看不见的海洋则无接连不断的水域，它被地球内部坚硬的岩石、岩层、或不透水层所分隔，形成许多孔隙、岩洞、或相互连通的河流、湖泊、蓄水池，所以，船艇不能航行无阻；人们的感官常常对可见海洋产生反响：独特的海香气味，海浪破碎时的喧哗，月夜和阳光照射下闪烁着水波荡漾的辉光，浪花吹拂面颊时的感觉，还有海水咸而苦涩的味道等等。地下看不见海洋不可能给人们这种反响，由于看不见海洋被许多不透水岩层所分隔，因此，它比地表可见海洋具有更为复杂的结构，地表海洋的水可以说到处都具有比较相似的成分，而看不见海洋水的成分就不可能那么一致，例如，它可以是淡水，可以是咸水，也可以是卤水，乃至可能出现密度很大的水。

海洋是水及其它组成物的统称，海洋的水是自然界水的一部分。自然界的水普遍地以固态、液态、气态三种形式存在于岩石圈、地表水圈、生物圈、大气圈（参阅图1）中。岩石圈、水圈、大气圈的水的比例是十分悬殊的：岩石圈的

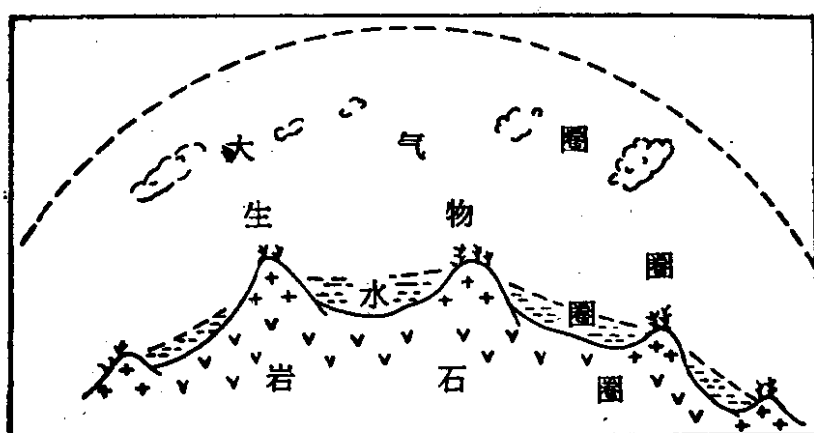


图1 地球圈层关系图

水：地表水圈的水：大气圈的水等于10：100,000：1。看不见海洋的水就是指存在于岩石圈中的水。

水在人类生活中占有重要的地位，没有水，人就不能生存，地球上生命活动就要停止。一个体重60公斤的人，他全身的水量占了40公斤，一个人每天需要喝水1.5公升到2公升。城市、乡村一旦没有水，所造成的灾难是不堪设想的。目前，保护水的洁净已经成为世界上极其重要和急待解决的问题了。国际水文学会公告指出，在1965年到1975年的十年研究中，许多国家正在研究天然水资源的开发及利用问题。多数情况下，除了集中考虑地表水外，还要注重考虑看不见海洋水的利用问题。后者是水资源利用的后备力量，它在现代和将来的人类活动及工农业生产中有着重要的意义。比如，某一地区河流的水由于某种原因干涸了，或封冻了，或污染了，而不能满足人们供水的需求，这时，看不见海洋的水便成了无价之宝了；同时，由于它埋藏在地下的岩石、土

壤、洞穴里，所以这种水不容易被外界的物质所污染，不容易蒸发，致使它的水质好，水温恒定，水量充沛。

地表海洋在人类生活和生产建设中有着重大的意义。从古代到现在，海洋提供着人类所需要的鱼类和各种海味，它们是人们生活中的美味佳肴，海水是交通运输的廉价资源和工业原料的资源之一。同样，看不见海洋也为人类生活及生产建设提供了许多方便，例如，美国肯塔基州的马莫多威山洞，船艇可以通行几十公里，在这个地下溶洞中可以打捞到各种大大小小的鱼。在含矿物质较丰富的地方，又能盛产矿泉水，矿泉水是绝妙的药物，疾病患者常常利用它来解除痛苦。比如，我国辽宁省的汤岗子矿泉对关节炎患者的治疗独显效果，广东省的从化温泉对皮肤病患者具有显著疗效等等。

此外，看不见海洋中可以获得许多有价值的物质，可以提取贵重金属元素、稀有元素、微量元素等，如提炼食盐、钾盐、锂、溴、碘等。所以，有人预料，不远的将来，看不见海洋的收益不亚于宏大的地表海洋的收益。人们称它为“最贵重的宝库”是名副其实的。

尽管看不见海洋可以提供极其丰富的、取之不竭的资源，但是，到目前为止，我们对它的研究还远远不够，对它的利用只能说是刚刚开始，或者说还尚未提到议事日程上来。

“事物总是一分为二的”。看不见海洋与可见海洋一样，既可以造福于人类，又可能给人类带来灾难。在看不见海洋

中，常常有自发性的可怕的自然现象突然爆发，如滑坡、崩塌和地面沉降。有人认为，这种可怕的自然现象出现在看不见海洋中，并非自己本身的骚动，而是外来作用造成的结果。当这种灾害性的现象发生的时候，常常因为疏忽或防范不及，而引起不可估量的损失。我们翻开矿务史的记录就可清楚地看到，由于矿井产生灾害性涌水的突然袭击，严重地威胁着人们的生命安全，或由于看不见海洋中水的活动，而引起岩层坍塌、滑坡和地面不均匀的沉陷，使建筑物遭受到破坏等。

因此，充分利用看不见海洋的资源，发掘它的潜力，防止可能产生的事故，使它为人们提供方便，为人类生活、生产服务，为了适应实现四个现代化的需要，我们必须深入地研究看不见的海洋的性质，找出它的变化规律，以便在任何条件下都能利用它，改造它，征服它。

目 录

绪言	iii
一、看不见海洋的形成	1
二、看不见海洋中的水	11
(一)水的性质	11
(二)水的运动	23
(三)潜水与自流水	28
(四)岩溶水	38
(五)封冻水	45
三、看不见海洋中的自然资源	51
(一)淡水	51
(二)矿泉水	66
(三)地下热能	83
(四)稀有矿物	100
(五)石油岛	109
四、看不见海洋的开发与环境的关系	118
(一)对地面的影响	118
(二)对大气的影响	121
(三)对地表水体的影响	122
(四)对地下含水层的影响	123
编后记	126

一、看不见海洋的形成

看不见海洋是怎样形成的呢？很早以前，就有科学家指出，看不见海洋的形成和发展，是受地壳的发生和发展所左右，受可见的地表海洋及水分循环的制约。在探讨看不见海洋的形成问题上，首先必须知道地球的诞生和成长的历史。根据科学家的研究，认为地球是太阳系的一员，宇宙中有许多象太阳一样的恒星，也有许多象太阳系一样的行星系，它的形成机制，目前大多数学者较为倾向于康德-拉普拉斯的星云说，就是说太阳系的各个行星（包括地球）都是来自于宇宙尘埃云。

宇宙中有着许许多多，大大小小的由氢、氦气体及一些来自于衰老了的星球爆炸后而形成的固体尘埃等聚集起来的，象巨大的云一样的星际物的聚合体，这些云在缓慢地收缩、集合，产生旋转运动。收缩以前，其绝对温度只有 $20-60^{\circ}\text{K}$ ^①之间，温度是很低的。收缩时分子之间产生摩

①在国际单位制中，热力学温度的符号为T，它的单位名称是开尔文，中文名称代号为开，国际单位代号为K。另一种常用的温度是摄氏温度，符号为t，摄氏温度的单位是摄氏度，国际单位代号为 $^{\circ}\text{C}$ ，热力学温度与摄氏温度的关系是：

$$T = (t + 273.15)\text{k}$$

273.15k是冰点的热力学温度，冰点的摄氏温度为 0°C 。

擦，碰撞而获取热量，这种热量不可能很快地完全辐射出去，因此，内部温度渐渐升高。在收缩的过程中，云内部的收缩速度比外部的收缩速度快，收缩到一定程度后，内部质量大大增加，这时，由于引力场作用显著增加，而促使内部收缩过程和旋转速度的加快，云内部便逐渐形成密度较大的物体，其温度也随密度的增大而继续上升，外围的物质受内部收缩较快的物质拖力的影响，把外围物质拖成象旋涡式的尾流形状。前者，这个内部的物体是正在形成的恒星，称它为原始星。原始星的中心，由于受较高压力的作用，所以它的主要成分——氢开始产生热核反应，并释放出巨大的能量，如果这个热核反应持续地进行下去，一颗新的恒星便诞生了。

原始星的外围存在着大量的气体和尘埃，这些气体和尘埃不可能无休止地都堆积、吸收到原始星上去。据推算，如果星云内部仅形成一颗星，而不是分裂为两颗以上的聚星时，那中心的一颗是单一的星，它的旋转速度又异常的高，那末，过高的速度就可能把外围的旋转物质摔开，被摔开的遗留物质仍围绕中心的原始星转动，而不再被它吸收过去，它们之间又互相碰撞、吸引而聚合，由小变大，由微小质点聚合成大的团块，质量较大的团块又依靠重力作用吸引更多的质点，增大自己的体积。这一过程的继续进行，少数的一些行星便可以形成，它们仍按原来的轨道绕着恒星旋转。可见，只要星云产生的星是单星，几乎会同时产生一个行星系。

太阳系也是按这种类型以相似的形成过程产生的。地球就是太阳形成时摔出来的遗留物质的一部分。地球最初具有

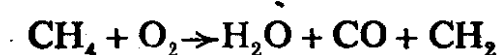
较小的体积，即与现在的月球和水星一样，太阳辐射也只是以一种简单的形式投射到地球上来，太阳能很难在地球上积聚起来，因而，地球上最初只有陨石的降落，而流星无法形成，地球上仅仅在热力的影响下，进行着强烈的机械风化作用。

地球不断地吸引其它的质点来壮大自己，经过相当长的历史时期后，地球体积增大了。科学家的研究指出，地球诞生至今大约已有四十六亿年。在地球最初生成时，温度还很低，它的成分和太阳一样。当时，固体尘埃聚集、结合为地球的内核，外面则仍然围绕着大量的气体，这些气体绝大部分是氢和氦。此后，由于固体尘埃在收缩时产生的热，以及地球内部放射性物质产生的能量与太阳能在地球上逐渐聚积的结果，使地球内部的温度开始升高，这一过程的发展，在一段时期内，导致了地球表面的物质呈现为熔融状态，地球上熔融层的物质在重力作用下，重者向下移动，轻者上升到地面。后来，又在放射性物质分解及地球压缩能量的作用下，使岩石圈的热量分布不均匀，也为地壳运动储存了动力能源。

在这复杂的演化过程中，较轻的气体分子如氢、氦等被强烈的太阳风吹散，消失于宇宙空间，另一些分子量小的气体，在地球增温中，由于气体分子运动速度加快，而摆脱地球吸引力，不断地逸散到宇宙中去，其结果，几乎使地球外面的大气层消失殆尽。此后，地球表面温度逐渐下降。科学家的研究指出，表层温度虽然在下降，但是，降温的速度十

分缓慢，地球内部仍然处于高温状态，其热能的释放是以内力作用的形式通过火山的频频活动表现出来，在这种内力作用的影响下，地球内部物质的分解，产生了大量的气体，这些气体冲破地表释放出去，释放到地表上的气体成分主要是二氧化碳、甲烷、氮、水蒸汽、硫化氢、氨等。这些新生气体离开地球外表后，很快冷却，冷却到一定程度时，它的温度保持在一定范围内，使气体分子运动速度与地球的引力相适应，而且保留在地球外围，并逐渐形成一个新的大气层，人们称它为地球上第二次形成的大气层。

地球刚诞生时，表面是干燥的，没有河流、沼泽、湖泊、海洋，大气层中也很少有水分。地球上水的出现则是与第二次形成的大气层联系在一起，是由地球内部产生的。我们知道，大气层中只要有碳酸气（二氧化碳）和氢气存在、有沼气（甲烷）和氧气存在，水在地球上生成便具备了条件，其化学反应式可写成：



随着火山活动的频繁出现，从地球内部喷出大量的气体，其中包含有大量的二氧化碳、氢气、水蒸汽、沼气等，这些气体进入原始大气层后，在温度和压力不断改变的情况下，经过化合凝结成水；另一方面，地壳不断地发生变动，有的形成高山、高原，有的收缩下陷成为低凹谷地，高山对水蒸汽具有抬升作用，造成绝热冷却的环境，使水蒸汽迅速达到饱和状态形成降水。当地表温度低于 100°C 时，这些液

态水不可能全部转变为水蒸汽，一般情况下，大气中的降水到达地面后，分三种途径流逝：一部分降水顺着起伏不平的地面从高处流向低处，而在低凹的地方，形成大大小小的溪涧、江河、湖泊、沼泽，最后注入地表上最低的区域，形成海洋；一部分降水被植物和土壤吸收后再向空中蒸发，或从地面上和河湖海洋的表面直接向空中蒸发，变成水蒸汽回到空中；一部分降水向地下渗透，形成看不见海洋的水。大气层中的水蒸汽当凝结为水滴时，它把大气中的一些可溶性化合物带到地表，地表上的水流流经大大小小的河流、湖泊汇集到海洋去时，它又把分散在地球表面上的许多可溶性的化合物带到海洋中去。

由于地球上有了水，为太阳能的保存创造了条件，太阳能的积存使地表的热力状况不断地发生变化，并随着地球的自转和公转运动，地球表面开始显示季节的变化。在这种条件下，地表上便有了水分、空气、热、光和疏松的土质等，并进一步产生了更为复杂的高分子有机物，从而促进了生命的出现。与此同时，由于海水阻止了强烈的紫外线对原始生命的破坏、杀伤作用，海水又为原始生命的存在和发展创造了条件。因此，海洋是生命的摇篮，生命的出现又反过来影响着地壳的演变。

地球上水的出现，海洋的形成，使地壳的演变受到深刻的影响，从古地质年代开始，水便冲刷地壳表面的固体岩层（当时的固体岩层只有大块的结晶岩、凝固了的熔岩和凝灰岩），并把冲刷的物质和火山喷发后较疏松的物质带走，

这些物质在水流的搬运过程中，除沿途沉积部分物质外，更大量的是在海洋中逐渐沉积了松软的有机物沉淀，如沉积有典型砂、淤泥。地表上沉积区中的沉积物在太阳热力及地球内热的影响和高温高压的作用下，经过相当长的年代，形成了沉积岩层。沉积岩层的产生为看不见海洋的形成创造了条件，没有它，看不见海洋就不能出现。

由此可见，它们的起源和发生顺序是：地表可见的海洋——沉积岩层——地下看不见海洋。那么，可见海洋与看不见海洋就结成了亲缘关系。

海洋的形成促使地下看不见海洋水的出现。在十五世纪中叶，欧洲进入文艺复兴时期，有人提出了地下水运动和补给的图式：“……我们可以设想水能够从深海一直升到山顶上，水在运动过程中，又可以沿岩层裂隙涌出地面，然后又往江河流动，归宿于海洋。”雨水从大气中降到地面，又从

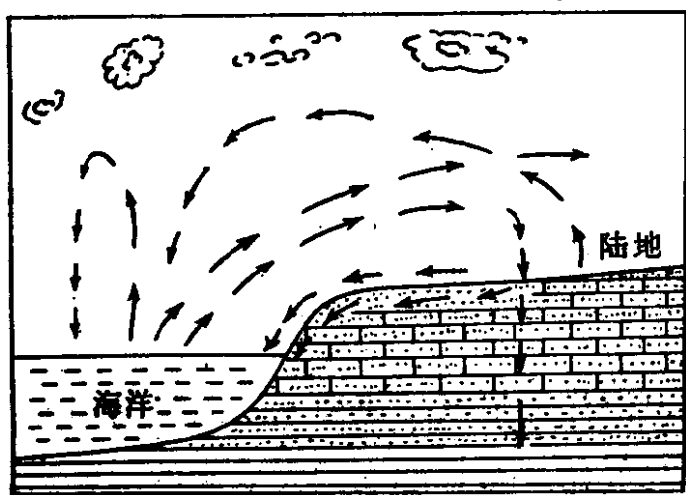


图2 水循环示意图

地表下渗到地下岩层，从岩层部分地流回河流、海洋的整个变化过程（如图2）就是大气水在地壳上的渗透过程和补给方式之一。此外，还有水、雾、露、雪、雹、霰等形式，以

同样的渗透过程来补给看不见海洋，促使看不见海洋的水源源不断，终年不竭。渗透到地下的水反过来又参与了地球上各种过程的变化，影响着各种过程的发生和发展。

有趣的是为什么在一些地区的看不见海洋的水存在着单一的成分(如淡水)，而在另一些地区的看不见海洋的水又有截然不同的化学成分呢(如咸水)？这是一个非常复杂，而又非常有意义的问题。它既可以帮助我们寻找看不见海洋中的资源，又可以帮助我们掌握它的运动规律，为生产建设服务。

在看不见的海洋中，当上层出现淡水时（一般是大气降水），深层就是矿泉水，最底层便是盐水（如图3所示）。这种现象充分说明：最轻的是从大气降下来的水，它总是出现在沉积岩的上层中，深部贮存着古海洋起源的水。根据研究人员的估计，埋藏在地下深部的盐水的总量超过整个看不见海洋水的总量的一半。相当于几百个百万吨的数量。

有人问，看不见海洋的形成既然是产生于地表可见

海洋之后，那么，它的水的含盐度似乎应当具有同等的比值，即平均值为35克/毫升，而深部地下盐水却远远超过了

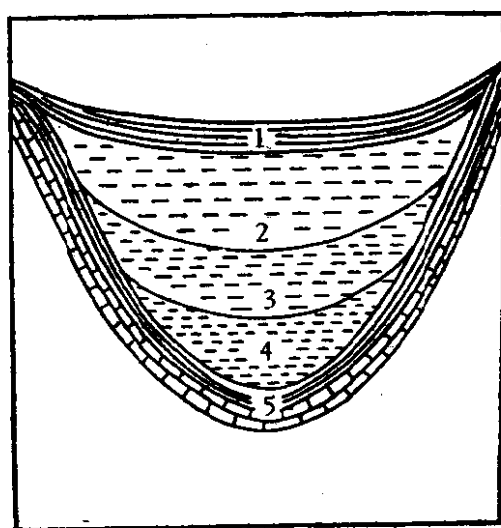


图3 地下水池水化学分带性图

1.地表 2.淡水 3.咸水 4.盐水
5.基岩

这个平均值，约为100克/毫升，200克/毫升，300克/毫升，甚至有时达到700克/毫升，以致大于可溶性的盐类。这种盐水在工业生产中占有重要的地位，是最珍贵的矿产。关于看不见海洋中盐水的起源问题，虽然过去提出了若干种假说，但是直到现在仍未能完全把它确定下来。

这些假说中，有一个一致的说法，认为盐水都是发生在地下最深部，并且指出，盐水源出于大气降水的淡水团的盐化过程的理论也适用于可溶性盐岩和盐矿的变化过程，地下盐水都是地表海洋的产物。他们曾经对地下盐水和地表海洋水的含盐度之间的巨大差异试图加以解释。

我们先看一看这样一种现象，目前有些深水海湾和浅水海湾，几乎可以以含盐度的多少把它与海分开来，这些海湾沉积的盐要比外海海洋的盐分多得多，如里海海湾沉积的盐分十分多，可以大量生产硫酸钠盐（芒硝）和其它的盐，故有盐湖之称，这里的水相当于常见的盐水。根据苏联科学家的研究，里海湾主要是受太阳辐射的深刻影响和其它气候条件的制约，从该地区的观测资料分析看出，这种类型的浅水海湾或湖泊里，气候条件都比较炎热、干燥，海水在强烈的太阳光的照射下蒸发，使随着大气降水带来的盐分，长期在这里集结，水中盐的成分不断地增加，而这些盐水又无其它流水把它带走，它的扩散作用只有与空气的水分和地下发生作用并相互影响。那末，随着时间的推移，愈来愈多的可溶性盐类渗入地下，在整个地质年代里，增盐过程在不断进行，大量的盐岩、盐矿、卤水便逐渐生成。