

资源综合利用参考资料

海水的综合利用

中华人民共和国科学技术委员会第七局编

科学技术出版社



資源綜合利用參考資料

海水的綜合利用

中華人民共和國科學技術委員會第七局編

科學技術出版社

1960年·北京

本书提要

我国有长达2万3千多公里的海岸线, 海岸地势和气象条件也很优越, 利用海水资源有着很有利的条件。

本书对海水的综合利用作了比较全面扼要的阐述。它系统介绍了海水资源综合利用的最近发展情况。对于综合利用的方法、途径和它们经济价值的分析, 有较详细的说明。

本书可供县级以上干部、经济工作者、科学技术工作者阅读参考。

资源综合利用参考资料
海水的综合利用
中华人民共和国
科学技术委员会第七局编

*

科学技术出版社出版
(北京市西城区外德胜门内大街)
北京市书刊出版业营业登记证出字第021号
北京市通州区印刷厂

新华书店科技发行所发行 各地新华书店经售

*

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: $3\frac{5}{8}$ 字数: 55,000
1959年12月第1版 1960年1月第2次印刷
印数: 705—1,705

总号: 1432 统一书号: 17051·26

定价: (10) 5角

目 次

海洋蘊藏着哪些資源·····	1
海水的成分和性質·····	4
从海水中提取的物質及其用途·····	7
提取和利用海水中各種物質的方法·····	10
世界各國利用海水資源的情況·····	14
我國海水資源的利用情況·····	18
三“土”結合,大搞海水綜合利用·····	21
海水制肥料·····	22
鉀鎂肥的製造·····	25
从盐田中回收石膏·····	26
从海水制取芒硝·····	27
从海水制取硫酸鎂·····	29
从海水制取氯化鉀·····	30
从海水制取溴·····	31
从海水制取氯化鎂·····	34
从海水製造硫酸和水泥·····	34
从海水製造鎂砂和盐酸·····	36
从海水製造純碱和燒碱·····	37
从海水煉制金屬鎂·····	41
海水的淡化——利用海水中的淡水·····	46
离子交換法綜合利用海水·····	48
海水中鈷、鈾、鋰、重水等物質的利用·····	50
海水動力資源的利用·····	51

海洋蘊藏着哪些資源

地球表面的总面积是5亿1千万平方公里，其中海洋面积3亿6千万平方公里，占地表总面积的70.8%。

与大陆比較，海洋具有許多显著的特点，并蘊藏着丰富的自然资源；对大陆的自然条件、人类的生活和工农业生产有着巨大的影响。

第一、海洋是整个地球热量和水分平衡循环的重要环节。它調節着陆地的气候，造成适合于人类和各种生物生长繁殖的优良环境。海洋是个巨大的热载体，海水受热和放热較慢，温度比較稳定，四季和昼夜的温度变化不很显著，对大陆各部分的热力状况有很大影响，可以緩和大陆气温的急剧变化。海洋是大陆水分的基本来源。从海面蒸发的水分，調節着整个地球大气的湿度，同时还以雨雪等形式降落到陆地上。海洋还調節着陆地和整个地球的气压和风流。适宜的温度、湿度、水源和气压使人类得到最有利的生活环境，同时也使各种动植物得以繁殖生长，間接地滿足人类生活的需要。海洋的这些条件，目前人类还没有能够进行人工控制和利用。

第二、海水中溶存着大量的宝貴物質。世界海洋是各种物質元素的巨大仓库。海洋海水的平均含盐量为3.5%。世界海水总体积为13亿4千万立方公里，所溶存的固态盐分为4,680万吨。如果把世界海洋中所含盐分，从海水中提出，并散布于整个地球的表面，則地球将为厚达45米的盐层所复盖。海水中至少包含着58种元素，占构成地球所有元素种类的一半以上。这个巨大自然资源的开发利用，已經日益显示出它对人类生活和生产的重大影响：人們可以从这里取得維持生命正常发育和健壯生长所必需食盐，取得很多种化学工业的基本原料（純碱、燒碱、氯、溴、氫、盐酸、硫酸及各种无机盐），取得农业肥料（氯化鉀、氫氧化鎂、氯化銨、鉀鎂混合肥等），取得建筑材料（氯化鎂、石膏等），取得冶金耐火材料（氯化鎂、氧化鎂等），取得各种金属单质（鎂、鈉、鉀、鈣等），并取得发展最新技术所需要的各种稀有貴重物質（鈾、鈷、鋰、鋇、重水、重氫等）。

沿海地区、島屿、船艙上經常缺乏淡水，而淡水是人們生活、工业生产和农田灌溉所必需的。因此海水中淡水的利用問題，或者說海水的淡化問題，也是人类考虑海水利用的重要方面。

海水里溶有地面上所有的各种气体。海水含氧和二氧化碳与其他气体的比率都要比陆地大气中所含的比率为大。随着水温和气压的变化,海水也起着调节地面空气成分的作用。

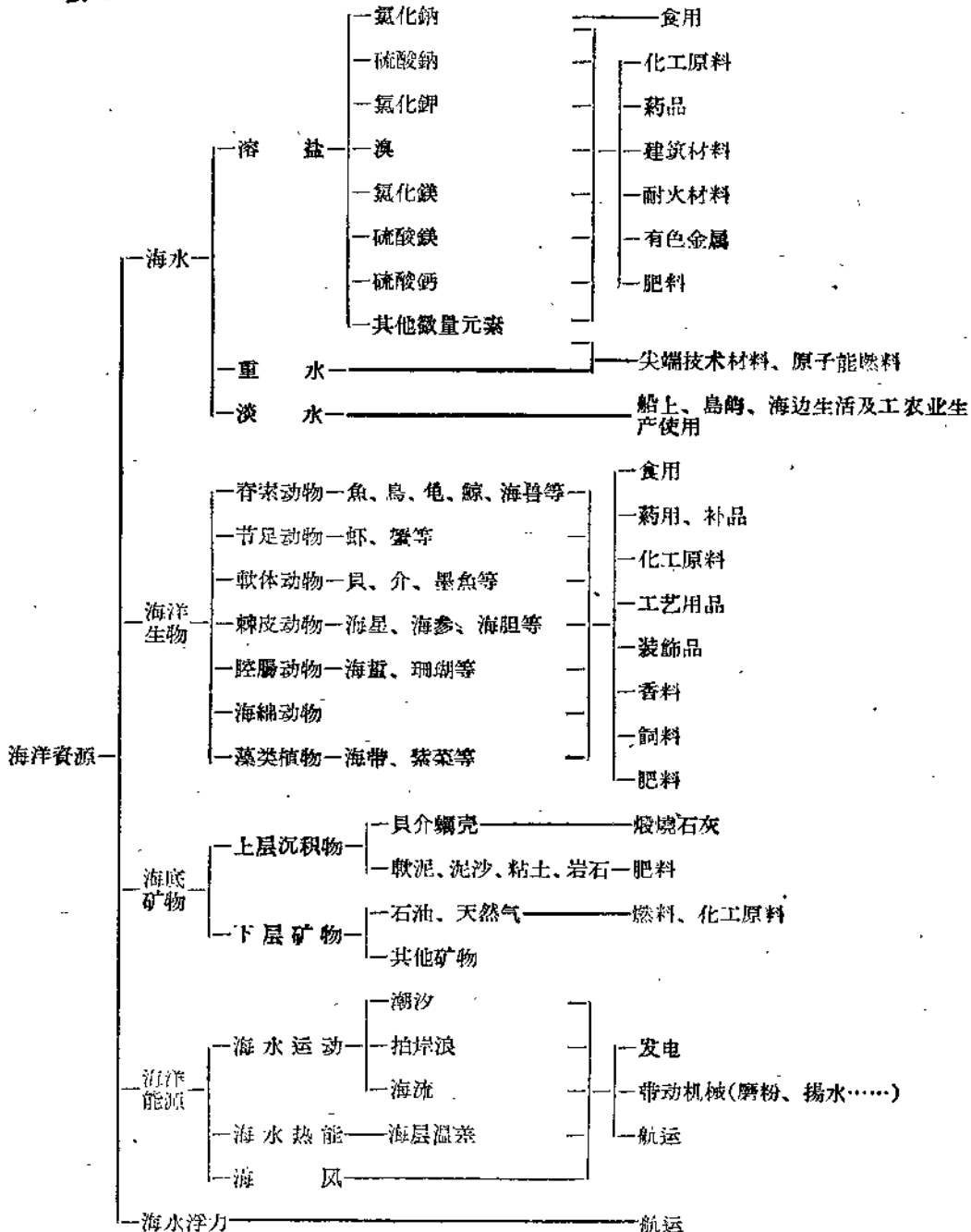
第三、海洋里生存着丰富多采的生物。海洋本身也是一个孕育和发展生命的最有利的环境。首先,海水里溶解着生物呼吸所必需的足量的氧气和二氧化碳气;其次,海水中溶存着多量的磷酸盐、硝酸盐、各种无机盐类和有机物质,使海水具有类似陆地土壤的肥力;还有,海洋容热量大,吸收的日光热量由于蒸发、流动、对流等作用,得到较均匀的扩散分布,温度较高(世界海洋平均温度是 17.4°C)而稳定。因此,几乎从每一滴海水里都能找到生物。海洋生物分浮游、自游和底栖三大类。约略估计,整个世界海洋的浮游生物约有360亿吨,自游生物约180亿吨,底栖生物约80亿吨。与陆地比较,海洋中植物种类较少而动物种类较多。陆地生物只限于在地表上展开平面活动,而海洋生物却在极广的范围和极深的厚度内垂直地分布着。海洋生物资源的利用具有重大的国民经济意义。海洋生物除了主要作为人类食品的来源外,还可以取得各种药品、工艺用品、装饰品、香料、饲料和肥料。更由于工业加工和综合利用的发展,海洋生物已经成为发展化学工业和其他工业的重要原料资源。

第四、海底蕴藏着无数种矿产资源。海底也是地壳岩层所构成的,因此应该储备有陆地上所有的矿产。在海底上层复盖着很厚的沉积物。这些沉积物是由砂砾、泥砂和含有有机质的软泥构成的。沉积物的来源是多方面的:一部分是从陆地江河中流送来的以及从陆地上随风吹来的不溶于海水的物质,逐渐沉降于海底;一部分是海水盐分因水温变化、水分强烈蒸发等原因超过了饱和点,而结晶析沉于海底;大部分是海水生物遗骸所形成的软泥、石灰质和硅酸盐类。在沉积物下面,存在由于地质原因形成的特殊矿层,例如石油和天然气等。有人估计。世界上的石油,约有一半埋藏在海底。苏联的著名油矿——巴库第一、第二油田,就是在里海找到的。最近,我国沿海许多地方,都发现油苗、气苗,表明有可能蕴藏着大量的石油。人类对于海底沉积物和海底矿产的开采利用是很差的,目前仅限于利用海滩沉积物作肥料、利用沿海沉积贝壳煅制石灰以及开采海底石油等几个有限的方面。

第五、海洋里拥有大量动力资源。海洋动力资源蕴藏在海洋的永久不息的运动中,具有实际利用价值的是潮汐和拍岸浪。拍岸浪的浪头有的高达36米以上,能把15吨重的崖石抬高20米,推翻上千吨的混凝土堤坝。在法国西部海岸

一带,拍岸浪每冲击一次的力量,可达到7,000多万瓦。潮汐涨落造成迅速变化的水位差,修建堤坝和水力发电机组,就可以利用其位能来发电。与潮汐比较,拍岸浪缺乏规律性和不够稳定,因此在动力利用的技术上要复杂些。还曾有人提出这样的设想:利用特殊的大面积的海湾地形,将海湾峡口筑坝封闭,降低湾内水位,然后利用位差把大洋海水经过水坝发电机组送入湾内,并使送入的永量

表 1



与灣内水面蒸发量相等，这样就可以产生經久不息的电力。还有人試圖利用海洋不同层次的温差来发电。此外，海洋表面强烈的气流产生巨大的风力，也是一个不可忽視的动力資源。有些地方风力經常可以达到5—6級左右。人們对海洋风力的利用有丰富的經驗，已經利用它航行或者变为机械能直接带动机器，也已利用它来发电。当然，海水中存在的热核反应燃料——重氘和裂变反应燃料——鈾、鈾等物质，是海洋中最重要的动力資源。

最后，海洋使大陆分隔开来，但海水浮力的利用——航运——反过来又使海洋成为联結大陆的介体。結合海流、潮汐等海水运动和海洋风力的利用，海洋航运成为海洋利用的重要方面。伴随着海洋运输的发展，兴起了海港、海灣和海島的工商业以及城市的建設。

海洋的上述各种資源的利用，見表1。

目前陆地已被开发，它的資源在較大的程度上已經为人类服务。但是世界海洋資源——生物、无机物、动力和其他資源或者很少被利用，甚至完全沒有被利用。人們对海洋資源的情况及其利用方法的了解和研究是很不充分的。

我国位处太平洋西岸，东南两面临海。大陆海岸綫全长12,261公里，加上沿海五千多个島屿的海岸綫11,104公里，全部海岸綫共长23,365公里。海洋对我国有密切的关系。充分地綜合利用海洋資源，必将大大发展我国生产力，加速社会主义建設的进程，同时对巩固我国国防具有重大意义，因此必須給予高度的重視。

海水的成分和性質

一、海水的元素組成

构成海水的元素，目前已知的有58种。除了組成水分的氧和氫外，含量較多的主要元素还有10种。其余各种元素含量极少，称为海水中的微量元素。海水所含元素的重量百分組成如下表(溶解气体未計算含量)：

表2 主要元素(12种，占99.999%左右)

氧	86.321%	氫	10.42%	氯	1.898%
鈉	1.056%	鎂	0.127%	硫	0.088%
鈣	0.040%	鉀	0.038%	溴	0.0065%
碳	0.0028%	鋁	0.0013%	硼	0.00046%

表 3 微量元素(46种, 共占 0.0007%)

氟	$1.4 \times 10^{-4}\%$	硅	$5.0 \times 10^{-5}\%$	铷	$2.0 \times 10^{-5}\%$
锂	$1.5 \times 10^{-5}\%$	氮	$1.0 \times 10^{-5}\%$	碘	$5.0 \times 10^{-6}\%$
磷	$5.0 \times 10^{-6}\%$	锌	$5.0 \times 10^{-6}\%$	银	$5.0 \times 10^{-6}\%$
铁	$5.0 \times 10^{-6}\%$	铜	$2.0 \times 10^{-6}\%$	砷	$1.5 \times 10^{-6}\%$
铝	$1.0 \times 10^{-6}\%$	铅	$5.0 \times 10^{-7}\%$	锰	$4.0 \times 10^{-7}\%$
硒	$4.0 \times 10^{-7}\%$	镍	$3.0 \times 10^{-7}\%$	锡	$3.0 \times 10^{-7}\%$
铯	$2.0 \times 10^{-7}\%$	铀	$2.0 \times 10^{-7}\%$	钴	$1.0 \times 10^{-7}\%$
钼	$1.0 \times 10^{-7}\%$	钛	$1.0 \times 10^{-7}\%$	锗	$1.0 \times 10^{-7}\%$
钒	$5.0 \times 10^{-8}\%$	镓	$5.0 \times 10^{-8}\%$	钽	$4.0 \times 10^{-8}\%$
铀	$3.0 \times 10^{-8}\%$	钇	$3.0 \times 10^{-8}\%$	镧	$3.0 \times 10^{-8}\%$
铋	$2.0 \times 10^{-8}\%$	铈	$2.0 \times 10^{-8}\%$	汞	$3.0 \times 10^{-9}\%$
银	$4.0 \times 10^{-9}\%$	金	$4.0 \times 10^{-9}\%$	锑	$1.0 \times 10^{-10}\%$
铟	微迹	铊	微迹	锇	微迹
铊	微迹	铋	微迹	铂	微迹
铋	微迹	钋	微迹	铱	微迹
铷	微迹				

此外, 海水中有些元素还存在同位素。其中值得重视的是氡的同位素重氡(氡)。它在海水中的百分含量约为 0.0031。

二、海水中各种元素的存在形式

海水中绝大部分的氢和氧元素以水分子的形式构成海水的基本部分, 约占海水的 96.5% 左右。其他元素大部分组成无机盐, 单质或有机物很少。这些无机盐绝大部分溶解在水中, 悬浮状态很少。

1. 溶解在海水中的成分(见表 4)

表 4

成 分				单 位	含 量
无 机 盐	氯	化	钠	%	27.213
	氯	化	镁	%	3.807
	硫	酸	镁	%	1.658
	硫	酸	钙	%	1.260
	硫	酸	钾	%	0.863
	碳	酸	钙	%	0.123
	溴	化	镁	%	0.073
	硼		酸	%	0.0026
	无	机	氮	微克/升	6.1—700
	无	机	磷	毫克/升	0.090
	合		计	%	约 35.000

續表 4

有 机 物	有 机 碳	毫克 / 升	1.2—3.2
	有 机 氮	毫克 / 升	0.229—0.258
	有 机 磷	毫克 / 升	0.016
	有 机 物 总 量	毫克 / 升	5—6
气 体	氧	毫升 / 升	0.0—8.5
	氮	毫升 / 升	8.4—14.5
	二 氧 化 碳	毫升 / 升	34—53
	氨、氦、氩、氙 等		微迹

注：‰是千分号，即千分之几的意思。

2. 海水中的悬浮质

海水中包含着很少量的处于悬浮状态的无机物和有机物。总量随海水深度、生物分布与离岸远近等因素而变异无常，大约在 0.2—2 毫克/升之间。其中有一半是无机的铁锈色泥土状物质。

三、海水成分的变异因素

除了悬浮质和有机溶质外，海洋各处海水中各种盐类的比例是比较稳定的，但总盐度的变化较大，大致决定于以下各个因素：

1. 海水涌动、对流及海流影响；
2. 海水与大气的交换作用——包括降雨、下雪、日照和风吹引起的水分蒸发等；
3. 陆地江河水的流入混和；
4. 海水结冰以及融冰、融雪的影响；
5. 海洋生物的活动。

因此季节、气候和海洋的地理位置不同，海水浓度也就不同。

海洋表面的含盐量一般在 3.3—3.7% 之间。太平洋的平均含盐量为 3.491%。深层海水的含盐量在 3.45—3.55% 之间。

四、海水的性质

含盐 3.5% 的海水，在一个大气压的情况下，各项主要物理和化学常数如下：

1. 比重: 1.026(15°C), 相当于 3.7°Be(波美)。波美是測量海水比重的习用方法, 它与一般比重的換算公式是: $Be = 144.3 - 144.3 \div \text{一般比重}$, 以液温 15°C 为准。

2. 比热: 0.932 卡/克。比热是使 1 克物質的温度增高 1°C 时所需的卡数。純水比热为 1。

3. 表面張力: 74.29 达因/厘米(在 20°C)。略大于純水。

4. 粘度: 68.2(15°C)。純水为 63.2。

5. 渗透压: 23.16 大气压(0°C)。

6. 蒸发量: 海水的平均蒸发量估計为淡水的 90—95%。

7. 冰点: -1.91°C。

8. 沸点: 100.56°C。

9. 酸硷值: 微硷性, pH 值 (氫离子濃度 7 为中性, 大于 7 为硷性, 小于 7 为酸性)在 8—8.5 左右。

从海水中提取的物質及其用途

采用普通濃縮結晶等物理方法, 可以从海水中直接分离出以下各种主要物質: 氯化鈉、氯化鎂、硫酸鎂、硫酸鈣、氯化鉀、溴(或溴的化合物)。

在一定的温度条件下, 也可以得到硫酸鈉、硫酸鉀等产品, 但是氯化鈉、硫酸鎂、氯化鉀的得量将相应地减少。

用化学方法处理海水(例如加入其他物質引起分解、化合、取代等反应以及进行电解等), 可以得到无数种产品。

海水中微量元素的提取也是很值得重視的。所謂微量, 只是指这些元素在海水中的百分含量而說的。实际上, 这些元素在海水中的絕對量却是很大的。例如, 将海水中所含的黃金全部取出来, 則世界上每个人可以分得四斤。况且某些微量元素在海水中的百分含量也比陆地資源中的百分含量为大。目前已有不少国家正在积极进行从海水中提取微量元素的研究工作。一般估計, 硼、鋇、鋰、鈾、鈷、重水等的提取, 可能具有实际技术經濟价值。

以下介紹从海水中直接取得的各种物質的主要用途。

氯化鈉(食盐) 食用調味(目前世界氯化鈉总产量的一半耗于食用); 牲畜飼料; 保藏魚、肉、蔬菜、兽皮和各种有机物; 医药上应用; 在冷藏系統中用作降温剂, 同时也用于防冻和解冻; 在工业上直接用于制皂盐析、染料盐析、精炼油脂、

軟化硬水、金屬冶煉和玻璃陶瓷製造等方面。氯化鈉更重要的用途是作為很多種基本化工原料的主要來源。從氯化鈉加工制得的主要鈉化物有：碳酸氫鈉（小蘇打）、碳酸鈉（純鹼）、氫氧化鈉（燒鹼）、硫酸鈉等。從氯化鈉、燒鹼或純鹼可以製造金屬鈉。金屬鈉的用途：用作原子能反應堆的導熱劑；作為噴氣飛機發動機反應器的加熱介質；在冶煉鈦、鋯等金屬時，作為還原劑；製造特种合金；精煉石油；塑料、人造滑潤料、合成洗滌劑、鈉蒸汽泡和光電池的生產；有機合成和製造化工原料，如過氧化鈉、氫化鈉、氨基鈉、丁鈉橡膠等。氯化鈉又是氯和氯化物的主要來源，電解氯化鈉溶液，除得到氫氧化鈉和氯氣外，還可以得到氫氣。在我國生產建設大躍進過程中，氯化鈉找到了很多種新的用途，例如：摻在炸藥內以節約炸藥，摻在塘泥內做成沼氣煤球等等。

硫酸鈉（芒硝） 大量應用於造紙工業、玻璃工業和制革工業中；也廣泛應用於紡織、印染、肥皂、合成洗滌劑等工業以及醫藥和兽医方面。最近我國各地已將硫酸鈉用於煉鋁工業。硫酸鈉還是製造許多種化學產品的重要原料，例如：硫化鈉、碳酸鈉（純鹼）、群青（一種染料）和水玻璃等。從硫酸鈉制取硫酸、硫、硫酸銨及其他貴重產品的方法，都已研究成功。採用離子交換樹脂膜電解硫酸鈉溶液，制取硫酸和氫氧化鈉的研究工作正在進行。

氯化鉀 粗氯化鉀絕大部分用作肥料（世界氯化鉀總產量的百分之九十以上作為肥料）。氯化鉀純度在 95% 以上的精製品，在化學工業上用以製造各種鉀化合物，例如：氫氧化鉀、氯酸鉀、氰化鉀、碳酸鉀等等。鉀鹽主要用於玻璃、肥皂、藥品、火柴、炸藥、鞣革、冶金、電鍍和照相化學藥品的生產。

溴及溴鹽 单体溴是制取各種溴鹽和有機溴化物的原料。溴的鹽類（主要如：溴化鉀、溴化鈉、溴化銨、溴化鋇、溴化銀等）用於醫藥、照相、電影技術以及某些染料的製造。某些有機溴化物是重要的葯劑，如賽洛仿（鉍與三溴苯酚的化合物）、溴樟腦等。溴是製造氯霉素的重要原料。溴的某些有機化合物如溴化甲苯、溴化氯、溴氰化甲苯等都是有毒的，用於製造殺蟲葯。溴的最重要用途是製造二溴化乙烯、溴氯乙烷、二溴乙烷等，這些產品作為合成抗爆劑的組成成分，加在內燃機燃料中。溴的生產正是隨著抗爆劑的製造而迅速發展起來的。以蓖麻油製造尼龍也要用溴。

硫酸鎂（瀉鹽） 人們最熟悉的用途是作為瀉葯。工業上主要用於人造絲生產，以促使纖維素溶液凝結成纖維；也用於製造較氯化鎂更為耐水的防水水泥。此外，也用於鞣革、棉布上膠、加重絲、紙和皮革的分量；用於染料、搪瓷、防火劑、

涂料、肥皂、火柴、炸药等的制造。在农业上最近已开始以硫酸镁作为肥料使用。

硫酸钾 几乎完全用作肥料。少量用于化学分析、医药和玻璃制造。

硫酸钙(石膏) 未经煅烧的石膏, 主要作为阻滞剂用于制造水泥。在农业上用于改良土壤以及作为肥料。经过煅烧的石膏, 大量用于制造墙板、花砖等建筑材料以及用于制造模型和雕像。此外, 还用于冶金、造纸、处理织物、凝制豆腐以及制造涂料和面粉等方面。从石膏制取硫酸或硫酸铵, 在国外已经进行大规模的生产, 同时还可以利用制造硫酸过程中副产的氧化钙制造水泥, 我国亦已试制成功。

氯化镁(卤块) 氯化镁是海水中含量仅次于氯化钠的一种主要成分。它的直接用途是: 制造镁水泥、各种建筑材料以及耐火材料; 用于浸渍木材, 使具有耐火能力; 在纺织工业中作为配料加入浆料中; 我国民间习用为制豆腐的凝固剂; 作为肥料施用; 配制冷冻液、消毒剂、灭火剂、吸潮剂和除尘剂等。氯化镁的更重要的用途是作为制造金属镁和各种镁化合物的主要的廉价的原料。直接从海水中利用氯化镁制取各种镁化合物, 也是海水综合利用的常用方法。金属镁的主要用途是: 制造各种镁合金, 广泛用作飞机和航空器械部件、光学仪器以及精密仪器的材料; 用作导弹、人造卫星和宇宙火箭的结构材料和燃料; 冶金工业中利用镁作为还原剂、脱氧剂和球墨铸铁的球化剂; 用作人造光源, 在摄影、照明火箭、信号火箭, 信号弹等方面应用; 制造燃烧炸弹; 用于有机化学反应。重质氧化镁主要用于制造水泥和其他建筑材料以及冶金耐火材料。轻质氧化镁是橡胶制品的填充剂。碳酸镁用于制造绝热材料、油漆、玻璃制品、牙粉、牙膏以及橡胶制品等方面。氢氧化镁主要用作肥料, 其次用于精炼蔗糖, 制造牙粉和药品等。氯化镁中氯的利用也很重要, 例如: 在水解氯化镁制取氧化镁的过程中得到氯化氢(盐酸气); 在电解氯化镁制取金属镁的过程中得到氯气等。

海水肥料 以上各种盐类有时以复合盐或混合盐的状态作为产品, 从海水中提出作为肥料。

④ **硼酸和硼砂** 硼酸是一种重要防腐剂, 广泛应用于医药中, 工业上也少量应用。硼酸的其他用途是在制造特种玻璃、搪瓷以及电解法制镍时作为附加物。硼砂主要用于制造光学玻璃、有色玻璃、陶瓷釉和耐火珐琅; 用于生产有色金属合金及特殊合金; 用于金属熔接、截割工程; 还用于制革、缫丝、洗涤织物、织物上浆、制造防腐剂以及肥皂、化妆品等工业。硼元素是植物生长必不可少的微量元素肥料。从海水中分离的硼酸或硼砂可以进一步制取各种硼化物。过硼酸钠用

于漂白皮、毛、絲、麥杆等，在某些情況下，用作雙氧水的代用品。硼氫化合物在火箭製造上需要大量應用。硼還是原子反應堆調節棒的材料。

鋇及其化合物 鋇的化合物主要如碳酸鋇、氯化鋇、硝酸鋇、氫氧化鋇和硫酸鋇等。主要用途：製造烟火、虹光玻璃、交通標志和藥品等；氫氧化鋇用于制糖工業，并作為塑料穩定劑。金屬鋇用于製造特种合金和電子管。

鋰及其化合物 是取得氘（超重氫）熱核反應的重要原料，用于氫彈製造；用于製造反應堆的保護裝置；還可作火箭的固體燃料；用它製成的干電池，可連續使用十八年不變；含有鋰的潤滑油，在 $+120^{\circ}\text{C}$ 至 -60°C 的溫差中，可保持其特有的潤滑性質；在冶金和金屬熔焊上，還用作還原劑；此外，還用于製造硬質合金、玻璃制品和藥品，用于有機合成、空氣調節等方面。

鈾、鈾 核燃料。

重水 用作原子反應堆的減速劑。从重水制取的重氫是熱核反應燃料。

從以上介紹可以看出，海水中各種物質的用途是極為廣泛而重要的，從它們可以得到二酸（鹽酸、硫酸）二鹼（燒鹼、純鹼）和氫、氯、溴等最重要的基本化工原料，可以得到多種無機鹽類和廉價化肥，得到耐火材料和建築材料，而且可以取得原子能、火箭等尖端技術的燃料和材料。它們的直接和間接的用途可以說是無所不包的。因此，海水資源的綜合利用的確是一項關係人民生活、工農業生產建設和國防事業的不可忽視的工作。

提取和利用海水中各種物質的方法

提取和利用海水中的各種物質（主要是各種溶解鹽類）的基本方法，可以歸納為以下三種：

（一）根據相律原理，用結晶沉淀的物理方法，把海水中各種鹽類系統地分離出來，隨後加以利用。我國目前灌引海水在鹽灘上制鹽，并進一步綜合利用制鹽母液，就是採用這個方法的。

（二）直接在海（或經過濃縮的海）水中加入其他化學品，使與海水中鹽類發生化學反應，或直接以海水（或經過濃縮的海水）進行電解，從而產生所需要的新的物質，加以利用。例如在海水中加入消石灰，制取氫氧化鎂；利用脫去鎂、鈣、硫的濃縮海水直接電解，制取燒鹼、氯、氫等。

（三）利用離子交換法，使海水濃縮，或將海水中各種元素直接分離出來。

以上各種基本方法，在海水綜合利用過程中，可以單獨採用，也可以同時結

合采用。离子交换法综合利用海水,目前尚在研究、試驗阶段,还没有在工业上采用,在本书 46—50 頁中,将作专题介紹。第一种方法,即濃縮結晶法是目前最普遍使用的方法,簡單介紹如下:

各种盐类在一定量的溶剂中(海水的溶剂就是水)的溶解量是有一定限度的,这个限度就是溶解度。超过溶解度,盐类就处于过饱和状态,就要从溶剂中結晶出来。我們要使盐类从海水中結晶出来,就需要創造使这些盐类在溶液中达到过饱和的条件(超过溶解度的条件)——控制其温度,并提高溶液濃度。各种盐类在水中的溶解度是不同的,掌握各种盐类的溶解度,就可以使海水中各种盐类按照一定順序分离出来。

表 5 海水中各种盐类的溶解度(100 立方厘米水中溶解的克数)

盐 类 \ 温 度	0°C	20°C	100°C
氯化鎂	52.37	54.85	72.28
硫酸鎂	26.00	34.67	71.02
氯化鉀	28.03	34.37	55.99
氯化鈉	35.63	35.83	39.16
硫酸鈣	0.17	0.21	0.17
硫酸鈉	4.80	18.80	42.19

盐类的溶解度愈小,就愈容易析出,这是决定盐类結晶分离順序的基础,但是与这些盐类在海水中原有的含量多少有关。同时,在水中溶解着多种盐类,也使各种盐类的溶解度发生复杂的变化。海水各种盐类在 21°C 时的分离順序(指大量析出)大致如表 6:

溶液濃縮是使盐类在溶液中达到过饱和状态的重要前提,是海水盐类結晶提制的基本操作,濃縮有两种方法:

(一)蒸发濃縮: 就是使海水中的淡水分变成蒸汽逸出,而使海水(卤水)濃縮的方法,又可分为两种:

1. 自然蒸发: 利用日光和风力进行蒸发。我国盐滩制盐,就是采用这种方法蒸发的。为了增加蒸发面积,提高自然蒸发效率,在滩田平面蒸发的基础上,正在推广枝条架、网架、噴霧器等立体蒸发装置。最近試驗証明: 自然蒸发不仅可以濃縮海水制盐,还可以将制盐母液濃縮到 39°Bé 以上。

表 6

順 序	析 出 盐 类	大量析出时海水(卤水)濃度
1	氧化鉄	6°Be
2	碳酸鈣	小于16°Be
3	硫酸鈣	20°Be
4	氯化鈉	28°Be
5	硫酸鎂	32°Be
6	溴化鈉	
7	氯化鎂、氯化鉀	35°Be以上

2. 人工蒸发: 利用燃料或电力进行蒸发。平鍋或大鍋加热蒸发是常用的簡易人工蒸发方法, 但热能利用較差。較机械化的人工蒸发有: 眞空(减压)蒸发(减低气压, 以降低溶液的沸点); 加压式蒸发(把蒸发罐蒸出的廢蒸汽, 加以压缩, 提高蒸汽温度, 再作热源蒸发溶液); 眞空加压并用蒸发等。在我国, 人工蒸发只用于濃縮制盐母液。

(二)冷冻濃縮: 利用海水冰点比淡水冰点低的原理, 使海水中部分淡水結冰排出, 从而濃縮海水, 也可分为两种:

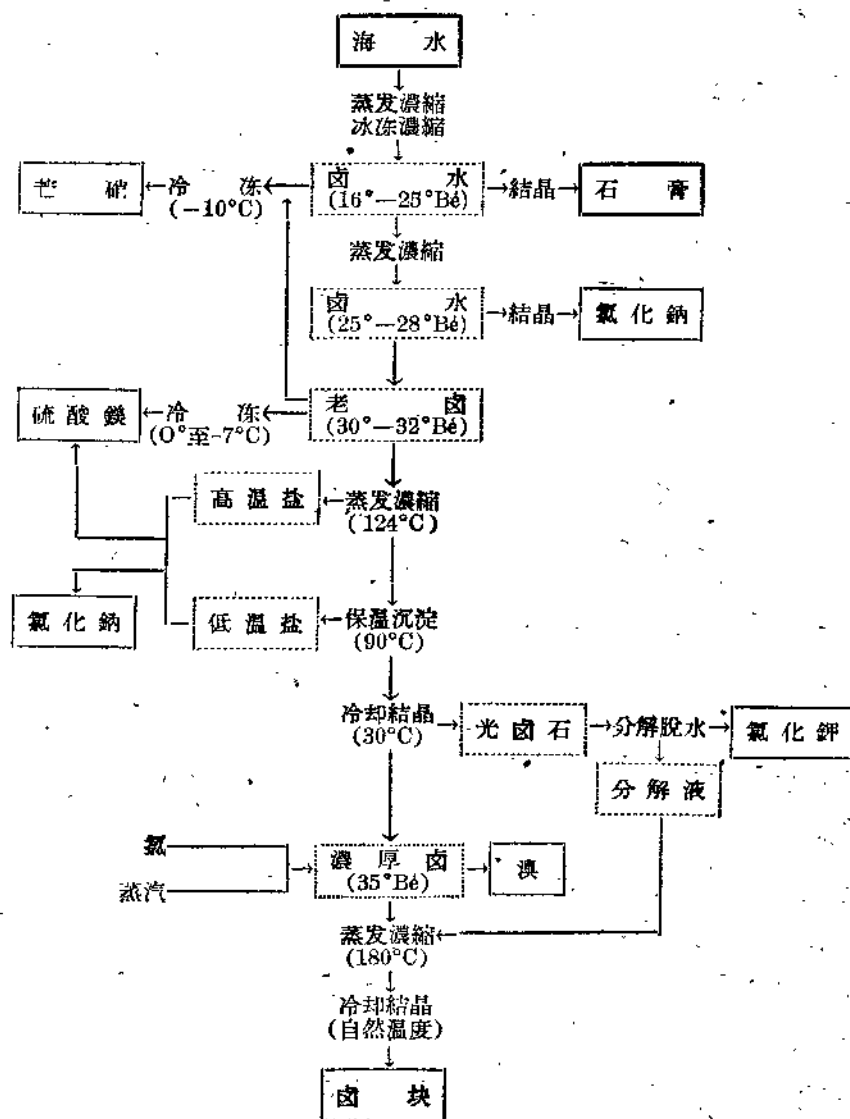
1. 自然冷冻: 利用冬天严寒在滩田制卤, 北方适用。

2. 人工冷冻: 利用冷冻机。

溶解度随温度而变化, 一般盐类的溶解度是与温度成正比的, 但温度对各种盐类的溶解度的影响是不一样的, 因此温度改变, 海水中盐类的分离順序也会起变化。在实际操作时, 如果某种盐类(如氯化鈉)的溶解度受温度变化的影响不大, 則可以在恒温下单纯依靠提高溶液濃度促使結晶; 如果某种盐类(例如硫酸鈉、硫酸鎂)的溶解度受温度变化的影响很显著, 則可以結合溶液的濃縮, 采用降低温度的方法, 以降低这种盐类的溶解度, 使达到过饱和状态而結晶析出。因此在盐类結晶过程中, 經常采取冷却和冷冻(自然和人工的)操作。

为了促使結晶, 也可以在海水(卤水)中加入一些物質, 使海水中原有的盐类的溶解度得到降低。这方面的措施, 在我国目前海水綜合利用的操作上很少应用。

下面就是上述基本方法在我国目前普遍应用的海水綜合利用生产流程。



(一) 将高浓度(3°Bé 左右) 潮水纳入盐滩，在储水池和蒸发池中进行蒸发。氧化铁和碳酸钙在 16°Bé 时大部析出，不予回收。

(二) 海水浓缩到 16°Bé—25°Bé 间，石膏(含水硫酸钙)在蒸发池中析出，用人工剥取回收。

(三) 海水浓缩到 25°—28.5°Bé 间，氯化钠在结晶池大量析出。

(四) 北方盐滩在冬季时，还可利用新卤老卤，在低温下析制芒硝。