

## 海水化学资源利用的现状和意见

周仲怀 徐丽君

(中国科学院海洋研究所)

### (一)

二十世纪六十年代以来,世界海洋科学发生了深刻的变化,由一般的自然环境调查研究和传统的利用,开始转向更为广泛的海洋生物、化学、矿产、能源和空间等资源的开发研究。海洋对于人类社会、政治和经济发展的作用,已经越来越显示出它的重要性,它已成为当今新技术革命的重要内容之一。加快对海洋资源的开发研究,对我国的社会主义经济建设将会起到重要的作用。本文就国内外海水化学资源开发利用的有关问题作一介绍。

#### 1. 氯化钠的提取和卤水(含地下水)综合利用

我国是世界上生产氯化钠最多的国家。近几年来,海盐年产量约为1300万吨,不但满足国内的需要,而且还向20多个国家出口,预计

到2000年,我国原盐产量需要增长到年产350<sup>0</sup>万吨,其中海盐约2700万吨。

目前,我国按人口平均用盐每人每年还不到30公斤,而1974年美国就已达到200公斤,日本为70公斤,与这些国家相比,差距较大。据国外报道,美国已试验用盐加入沸腾炉,以提高石灰石对劣质煤燃烧时所放出的二氧化硫的吸收率,每年约需用盐1500吨。此外,美国已将盐用于煤的气化工业上(催化剂),我国也已试验取得成果。为满足小康生活水平的需要,从“七五”计划开始,要进一步生产调味盐、药用盐、饮食用的生活用盐,以及其它用途的品种。需要进一步研究加碘盐的加工工艺,提高治疗效果,必须加速开展加硒盐的研究,使缺硒地区的患者,尽快得到治疗。仅从以上的情况来看,制盐工业仍大有发展余地,况且,“七五”期间还要兴建三座全国最大的

纯碱厂, 将大大促进我国盐业的发展。

制盐后的卤水将海水浓缩了许多倍, 可以进行综合利用, 从中可提取近40种化工产品, 但由于各盐场的卤水数量有限, 且难于集中, 故利用率低、产品数量少, 如单靠制盐后的卤水提供的化工产品(如溴、氯化钾等)还远远不能满足我国的需要。

我国沿海地区大都直接用海水制盐, 而北方有些地区已改用地下卤水制盐。其化工产品仍为传统的溴和氯化钾等, 无新的发展。

## 2. 海水提镁

国外三十年代后期就已工业化生产, 如英国1938年就从海水中生产镁砂。目前, 除美、日、英三个主要生产海水镁砂的国家外, 还有十几个国家生产海水镁砂, 如苏联、意大利、墨西哥及挪威等国。海水生产镁砂的年产量已约达260万吨, 约占镁砂总产量的1/3。我国由于陆地菱镁矿资源丰富, 镁与镁化合物来源主要靠陆地解决, 但陆地生产的镁砂纯度不高, 因而, 在冶金工业上作耐火材料用受到限制, 我国由于缺乏氧化镁含量在98%以上的高纯镁砂, 尚需从日本进口高纯氧化镁。有关单位十余年来曾开展过海水镁砂的研究, 由于需要处理大量海水(生产1吨镁砂需处理约500立方米海水), 动力消耗较大, 处理的设备也较庞大等原因, 致使生产成本增加, 因此, 海水镁砂还处在试验阶段, 尚未形成生产能力。

根据我国的实际情况, 与陆地菱镁矿有竞争力的还是地下卤水, 其中镁浓度约比海水高5倍, 约100立方米就可生产出1吨高纯镁砂, 估算地下卤水中镁储量很大, 如把研究重点转向从地下卤水中提取高纯氧化镁, 研究出一个分离纯化方法和工艺较简单、成本较低和纯度高的新技术, 则不久的将来, 完全有可能形成生产能力。这样我国炼钢工业上用的高纯镁砂就有可能全部采用国产的高纯镁砂, 大大节省外汇。氧化镁在橡胶、涂料等工业上还大有用处。

## 3. 海水提溴

国外自1934年空气吹出法成功后, 发展很

快, 四十年代前后, 美、英、法、日本、苏联、阿根廷等国相继建立了海水提溴工厂, 其中英、法、日本等国主要以海水为原料提溴, 以色列以死海海水为原料, 美国在六十年代以前绝大部分是从海水和盐湖水中生产, 自七十年代开始, 则全部以天然卤水(盐湖水和地下卤水)为原料生产溴。目前, 世界上年产溴约30余万吨。我国溴主要是从制海盐和井盐卤水中生产的, 年产量约4000吨, 海水提溴虽从1968年取得成功以来, 由于生产成本高, 经济上未过关, 实际上未形成生产能力。从溴的需求发展趋势看, 要求溴产量有较大的增加, 目前, 年需要量在7000—8000吨之间, 每年还需进口约1500吨溴, 即使这样, 还不能完全满足化工、医药卫生、农药、纺织、灭火剂及钻井等工业的要求。因此, 必须进一步改进海水提溴技术, 空气吹出法在国际上已很成熟, 但在我国, 由于此法存在耗电量高等原因, 实际未形成生产能力。现我国北方有些地区已将此法用于地下卤水提溴, 山东莱州盐场继羊口盐场又建成了年产500吨溴的工厂, 预计“七五”期间溴产量将有较大的增加。

## 4. 海水提钾

世界钾肥产量的绝大部分是以钾石盐为原料生产的。由于钾石盐矿床分布极不均匀, 主要集中在加拿大、法国、西德、东德、美国和苏联等六国。因此, 许多陆地缺可溶性钾矿资源的国家, 从三十年代开始, 就研究过海水提钾, 但由于钾肥价廉, 尽管在技术上和方法上研究了50余年, 但成本未过关, 仍处于试验阶段。由于死海海水中钾浓度很高, 三十年代初以色列用蒸发结晶法从死海中提钾。我国也是缺乏可溶性钾矿资源的国家, 目前钾的生产主要来自制盐后的卤水, 总产量约7万吨, 远远不能满足我国农业上的需要, 要从根本上解决钾肥短缺, 就必须加紧研究海水提钾。我国的海水提钾是从七十年代开始的, 天津轻工部盐科所, 天津海水综合利用所和青岛山东海洋学院都先后进行了研究。

从海水提钾的方法来看, 早期使用的沉淀

法有无机和有机沉淀剂两类。此后又研究了离子交换法或与沉淀法相结合的方法，七十年代以来，对天然和人工的离子交换剂做了不少研究，得到了进一步的发展。如日本对偏磷酸锆和焦磷酸锆等研究较多。在七十年代，中国科学院地质研究所、天津轻工业部盐科所等对天然的斜发沸石吸附钾进行了研究，发现吸钾量较高，每克斜发沸石吸钾量在 15—20 毫克之间，由于解吸后的钾浓度还不太高等原因，在技术上和工艺上还存在着一些问题，致使工业化还存在一定差距。目前我国还有少数单位继续研究海水提钾，如青岛山东海洋学院重点研究了有机树脂富集钾，取得了较好的成绩，天津国家海洋局海水淡化与综合利用所继续对沸石吸钾进行深入研究，力争有新的突破。

由于我国陆地可开发利用的钾盐储量不多，故我国钾的产需差距很大，每年需要进口几十万吨氯化钾，耗费大量外汇。为解决这个矛盾，从 1986 年开始在青海动工兴建年产能力为 100 万吨钾肥厂，建成后，将会大大缓和国内钾肥需要的矛盾。

### 5. 海水提铀

英、苏、日本、西德等国分别从五十年代到六十年代前后开始海水提铀的研究，经过三十余年的努力，都取得了不同程度的进展。其中日本由于铀资源短缺，较重视海水提铀，进展也较快，声称 1986 年完成 10 公斤级铀的试验厂的设计，并开始运转试验，其它国家均处于小型试验阶段。我国海水提铀始于六十年代中期之后，十余年来，在富集剂的研制和富集机理的研究方面都取得了较大的成绩。我国华东师范大学在六十年代后期在世界上首先提取出公斤级的铀，国内其它单位也先后从海水中提取出不同数量的铀，这一点说明我国在富集剂的研究方面是卓有成效的，成绩是明显的。

在无机富集剂的研究方面，我国对碱式碳酸铀、水合氧化钛、铝系复合富集剂等研究均较为深入，不仅在提高吸铀量方面比较明显，分别达到 500、700 及 300 微克铀/克（富集剂），而且做了大量的富集铀的机理研究（如华东师

范大学、山东海洋学院、海洋局第三研究所等单位均先后开展了这方面的工作）。在有机富集剂的研究方面，我国首先合成了 508 树脂，继而对偕肟胺树脂作了深入的研究，最高吸铀量可达 4—5 毫克铀/克（富集剂），近年来，国内外对有机富集剂的研究进展较快。

与国外相比，我国除对用微生物富集铀未进行过研究外（西德、日本等国进行了微生物富集铀的研究），在富集剂研究方面，各具特色，在基础性研究方面做得较多，优于国外。

从目前的情况来看，海水提铀的关键仍然是富集剂的筛选研究，要研究出比较理想的富集剂仍需作出巨大的努力。

海水提铀研究的变化还与各国的具体情况有关。如铀价的涨落、铀矿储量和能源供需情况等都能影响到海水提铀的开展。我国则主要是从技术储备来考虑，这是属于战略性的海水化学资源开发项目。一旦海水提铀实现工业化，将会对今后我国的能源结构的变化起到重要的作用。

### 6. 海水提碘

我国的碘主要依靠从海带中提取，在一个时期内发挥了积极的作用，但由于生产成本低，作为一个方向来说，还必须从其它资源中解决。日本是从地下卤水中生产碘，年产量曾达到 6000 吨，居世界首位。我国的碘产量不足 200 吨，缺口较大，需要进口大量碘。因此，必须开拓新的碘资源。从长远来看，海水提碘是一个值得考虑的方向。海水中的碘也是微量的，虽然比铀含量高，但经济价值远比不上铀，因此，其成本问题更为突出，少数国家进行过海水提碘的研究，但还是探索阶段。我国山东海洋学院研究过利用吸附法从海水中提碘，吸碘量高，效果明显，但尚未进入实用化阶段。

### 7. 海水淡化

海水淡化的重要性是众所周知的，尤其是对缺乏淡水资源的国家及海岛更为重要。目前全世界已有十多个国家建成一千多座海水淡化厂，日产淡水约 700 余万吨。中东地区是海水淡化最发达的地区，其装置约占全世界的三分之

一, 淡化水的容量几乎占三分之二。沙特阿拉伯是世界上淡化海水容量最高的国家, 日产75万吨。其次是科威特, 日产50万吨。目前, 日本、美国、英国和以色列的淡化技术处于世界领先地位。日本则是制造和出口成套海水淡化设备的主要国家。

我国海水淡化始于五十年代末, 开展了电渗析、反渗透和蒸馏等几种方法的研究。二十多年来, 在海水淡化技术上已有较大的进展, 日产200吨级电渗析海水淡化装置已投入使用; 条束性和管式反渗透器已投入生产, 还从国外引进了反渗透等装置。日产百吨级海水淡化多级闪蒸装置已研制成功, 扩散渗析、太阳能蒸馏等技术的研究也取得了可喜的成果。

从世界范围来看, 海水化学资源的利用尽管取得了不少的进展, 除少数元素如溴、镁已见诸工业化外, 大多数元素的提取还处于试验阶段。我国开展海水化学资源利用的研究, 虽晚于其它国家, 但进展还是较快的, 在海水提溴、镁、钾、铀和碘等方面都做出了不少成绩。

## (二)

为进一步更好地开展海水化学资源开发利用的研究, 特提出如下几点意见。

1. 科技政策稳定之后, 要重视智力和技术投资。由于海水化学资源大都是战略性资源, 要处理好近期与长期的关系, 以近为主, 首先抓好溴、镁的生产(含它们的系列产品), 适当安排远期探索性的钾、铀、碘及锂等元素的提取技术的研究。对远期的要有战略的眼光, 要有远见。如果到二十世纪末, 我们做好了工作, 二十一世纪就能在经济建设中起作用。至于谈到经济效益的问题, 应当用发展的观点来看, 不仅要看到微观经济, 而且还要从宏观经济来看。目前, 海水化学资源的开发利用研究, 除少数元素外, 大都是投资性研究, 但随着时间的推移, 技术的进步, 情况定会起变化。如英国北海油田的开发, 在几十年以前是不可想象的, 现在就已成为现实了。另外, 陆

地有些资源由于工业的发展, 日益短缺, 总有一天要用完, 不找新的出路是不行的, 不能等到陆地资源用尽后, 再去研究, 那就悔之晚矣! 也就是说, 我们必须还要有子孙后代着想的观点。海洋占地球表面2/3, 与外层空间相比, 海洋毕竟是一个具有现实性的开发领域。因此, 对于战略性的海水化学资源的开发研究, 是不应忽视的。另外, 政策上的稳定性还表现在对技术投资要有连续性。

2. 在选择提取何种化学元素时, 着眼点要从经济上考虑。要首先选择经济效益较高的(如溴、镁等元素), 或在经济上有较高价值的元素(如铀等元素)。当然, 各国的资源情况是考虑的必要条件。如日本陆上缺铀资源, 对海水提铀就比其它国家更为重视。而铀的经济价值又高于碘等元素, 沿海国家之所以对铀研究较多, 这也是原因之一。

3. 在研究方法上, 如用某种富集剂富集元素时, 往往不只是富集一种元素, 而是富集多种元素, 而且有些元素的富集系数可能还要比需要富集的元素高出好几倍; 但过去大多只注意了测定一种元素的含量, 忽略了其它元素含量的测定。因此, 今后对富集剂富集后的测定, 应尽可能多考虑几个有用元素的分析, 有时很可能有更重要的发现。如我们过去使用铝系复合富集剂富集铀时, 很可能同时富集锂及其它元素。据最近报道, 日本用一克二氧化锰从海水中可提取约8毫克锂, 富集量相当高。而我们早就研究过二氧化锰及氢氧化铝-二氧化锰复合富集剂, 只注意了铀, 忽视了对锂等元素的分析。故在今后研究富集剂时, 要实现一剂(即富集剂)多用(我国有的学者在研究海水提碘时, 就同时考虑提溴, 就是一例), 达到在一种富集剂上实现综合提取的目的, 有利于降低生产成本, 促进海水化学资源的综合利用。

4. 在提取元素时, 由于各种因素和条件的关系, 往往只是进行单个元素的提取。要真正实现合理地从海水中提取化学资源时, 必须要考虑多种元素的综合利用(与上述所说的方

法不同)。因此,必须在单个元素提取的基础上,进行综合提取的工艺流程和方法研究。由于海水化学资源提取难度大,可分段进行综合提取,先解决溴、镁和钾的综合提取,再解决溴、镁、钾、铀和碘等元素的综合提取。

5. 对目前已生产的元素(如溴、镁等),进行深度加工,即通常所说的二次或三次产品,以扩大某个元素的生产品种和规模。特别是增加化工精细产品,包括各种功能的添加剂、表面活性剂、氧化还原剂、催化剂、日用化工、制药及农药用品等产品是大有发展前途的。有人提出的“以溴促溴”,就是通过对溴系列产品的进一步加工,既增加了溴产品的应用范围,如作为阻燃剂的四溴乙烷、十溴联苯醚及用于钻井的清洗剂溴化物等产品,又扩大了溴的生产规模。

6. 从我国目前的实际情况出发,把重点移向积极开发地下卤水的化学资源,它是一个重要的发展方向(我国盐湖水的开发利用早已这样做了)。由于地下卤水中各种元素的浓度均高出海水好几倍,对于提取来说,是一个很好的初始条件,不但有利于单个元素的提取,而且易于实现综合提取。我国某些地区具有大面积的地下卤水,储量巨大,应组织力量,加速开发利用。

7. 海水淡化必须与浓缩海水综合利用相结合,这是值得注意的一个发展方向。如日本在茅崎市的临海试验厂,对日产300吨淡水的

多级闪蒸装置进行了综合利用研究,并拟定日产10万吨淡水的浓缩海水的综合利用方案。据计算,计划若能实现,每天可生产10万吨淡水、440吨芒硝、500吨氢氧化镁、100吨碳酸钙、80吨石膏、5吨溴、1100吨氯、1200吨氢氧化钠及800吨氯化钠等产品,这样就可大大降低海水淡化的成本,美国就是这样做的。它利用核电站把发电、淡化水和浓缩海水综合利用结合起来,这可以说是一个比较理想的综合利用方案。

8. 开发海水化学资源必须要做好前期工作,即要重视海水化学资源开发中的应用基础(含方法和技术性的)研究。对中长期开发项目尤为需要。不经过这个阶段,要顺利进行开发是比较困难的。海水资源化学就是开发海水化学资源的应用基础性学科,它是一门综合性和多学科性的边缘学科。紧密结合海水化学资源的开发利用,研究元素的提取方法以及在提取过程中的各种物理化学问题,以便为提取元素提供科学依据。

综上所述,从世界范围来看,海洋资源的开发已成为当今新技术革命的重要内容之一。而在我国,除了水产资源较为重视外,对海水化学资源的开发利用还没有得到应有的重视。我们希望具有远见卓识的海洋科学家对加速开发海水化学资源出谋献策,使我国的海水化学资源的开发利用和研究得到更快的发展。

更  
上  
一  
层  
楼



造  
福  
人  
民

胡立庚治印  
丙寅春