

● 李 庆 主编

迎接海洋世纪

—— 海底宝藏

赵兴德 刘纯华 著

北京科学技术出版社

迎接海洋世纪

——海底宝藏

李 庆 主编
赵兴德 刘纯华 著

北京科学技术出版社

目 录

第一章 海底矿物——人类的宝藏.....	1
一、来自地下的警告.....	1
二、海滨“淘金”.....	4
三、向海洋要建筑材料.....	9
四、海洋中的矿山.....	13
五、锰结核——深海中的奇珍.....	17
六、未来战略性金属的来源.....	24
七、深海钻探与深潜技术.....	27
第二章 巨大的“海底油库”.....	32
一、为石油发起的战争.....	32
二、前景广阔的海底石油和天然气.....	39
三、海上“石油城”.....	44
第三章 五彩缤纷的藻类.....	51
一、琼胶.....	51
二、褐藻胶.....	53
三、用海藻提出重金属.....	56
四、在海上种植石油和天然气.....	58
第四章 “液体宝库”的厚赠.....	63
一、洁白食盐海水生.....	65

二、碧波中的核燃料.....	71
三、纯净镁砂海水中取.....	76
四、源源溴素海中来.....	79
五、海水馈赠的其他元素.....	82

第一章 海底矿物—— 人类的宝藏

人类社会要想发展；
人类要想获得更多的赖以生存的物质；
人类社会要想安定；
那么，必须将目光投向海底。
那里，是人类巨大的矿物宝藏。

一、来自地下的警告

人类最初是从地面上获得自己所需的用品的，并且本领逐渐增强，工具是锹、镐。后来，人类有了从地下获得自己所需的物质，日益完善的开采技术，使人类的生产力大大解放，人类不断释放出来的聪明才智，使人类社会逐渐向高层次发展。

地下丰富的物质财富，在加紧开采的步伐的同时，常常使人类夜不能寐，万一地下资源开采光了呢？

譬如人类社会赖以生存的石油和天然气，有人计算，自二次世界大战后，世界石油和天然气资源勘探速度加快，不断翻番，消费情况也大得惊人，自1950年至80年代初，世界石油消费飞速增长，从年消费5亿吨增加到近40亿吨，30年增长了5倍多。据美国《石油和天然气》杂志的统计，如果以当前每年世界使用200亿桶石油的速度计算，现已探明的石油储量只供人类使用44.4年，已探明的天然气储量可以开采51年。

这似乎有点危言耸听。但，地下资源的形成是经过了亿万年孕育和生长，而人类的需求和开采速度与地球的形成演变相比，可谓是一瞬间，因此，地下资源面临枯竭的状况是勿容置疑的。有数字表明，日本已查明的油气可采年数为17年，挪威是17年，英国是38.7年，加拿大是14.1年，美国只有8.6年。地下储油气量最多的中东地区，也很不乐观，阿联酋是80年，伊朗57.6年，伊拉克86年，科威特252.8年。

煤炭是人类能源的主要来源，至今仍然是能源的主力之一。50年代初期，人类60%的能源来自煤炭，到本世纪80年代，由于石油的广泛开发，已下降到30%。但是，这并不表明煤炭工业的发展呈下降趋势，相反，煤的开采却日渐增长。据1986年11月在法国召开的世界能源会议的统计，全世界煤炭可采储量有8380亿吨，可供人类使用几百年。但是，这种统计仅是以当时的消耗水平为计算基数的，随着第三世界工业的不断发展，煤的消耗

量也会逐渐增加，可供人类使用的年限也将大大缩短。

钢铁工业所需的原料，也日益减少，不少曾被人认为极为丰富且使用多年的矿山，有的已被夷为平地，有的也挖地百尺。钢铁原料资源的减少，使许多工业国家忧心忡忡。有色金属的生产也逐渐受到资源的限制，有些工业国家担心自己的资源枯竭，力图从发展中国家进口原料。而稀有金属的生产，也难以使工业国乐观。譬如，对氧化铝的生产，美国的生产能力已出现明显下降趋势，自1982年，美国氧化铝年生产能力已削减到300万吨，而日本的大部分氧化铝生产能力正在消失。与此同时，工业落后、生产力不发达的国家，则悄悄兴起，他们的资源刚刚开发出来，还认为乐观，但是以后呢？

面对这种严峻的形势，人类只好向海洋要能源、要矿物了。

人类拥有海洋，这是人类的万幸。海底世界蕴藏着丰富的矿产资源，尤以滨海砂矿和深海沉积矿床最为丰富。在滨海砂矿中，主要有金红石、钛铁矿、独居石、锆石及金刚石等。据统计，世界上有95%的锆石、90%的金红石、90%的金刚石、80%的独居石来自滨海砂矿。世界深海底的锰结核总储量约为1.5—3万亿吨。锰结核矿含有铁、锰、铜、镍等50多种金属元素、稀土元素和放射性元素。如果全世界海底的锰结核冶炼之后，能提取的锰达4000亿吨，可供人类使用3.33万年；镍164亿吨，可供使用2.53万年；钴58亿吨，可供使用2.15万年；铜

88 亿吨，可供使用 980 年。

海底资源是人类的第二宝库。

海底资源的开采，是人类的又一大舞台，人类争相登台表演。

二、海滨“淘金”

随着现代科技的发展，海洋向人类展示出越来越大的诱惑力，每当人们想到海洋是个大宝库从中可满足人类的需要时，人类对海中资源的追求就越发强烈，越发急不可待了。

已经有了定论的是海底自由存在的海滨矿和砂矿这一组，另一组是覆盖于海底的海滨砂矿和河流砂矿。

重金属砂、铁矿砂、硅酸盐砂和石灰砂及砂和砂砾，在海底的上面，有大量的锰矿砂、磷钙石结核、磷钙石砂及深海红粘土中的深海矿层、石灰、含硅酸盐和含有其他金属的淤泥等。另外是金刚石、金、铂、锡石、磁铁矿、钛铁矿、金红石、锆、独居石、铬铁矿、白钨矿和黑钨矿等。这一类属于海滨矿砂和河流砂。

在海底砂中还有其他几种稀有金属也富集到了值得开采的数量和品位。如在波罗的海和俄霍次克海的海岸带砂中，有一叫钛的金属含量很大，当地人用吸泥机将砂从海中吸取出来，再加工，将钛提出来。在澳大利亚东南海岸，北美大西洋沿岸及非洲的一些海岸，人们发现了大量

的红金石和氧化钛，特别是用于核技术的锆，在新西兰的东海岸已经有开采了，在阿拉斯加的西海岸也有开采。

海滨“淘金”热几乎在全世界所有国家都蔚然成风，谁都不甘落后，陆地上许多紧缺的工业原料都能在海中找到。同时，海滨“淘金”也是一个国家技术能力的显示。在前苏联极地海边施米特角附近的楚科特半岛沿岸，1968年发现了第一个海底金矿床，那里的人们欢呼雀跃，这块金矿床含量非常高。在大西洋底和斯卡格拉克也发现了金矿，俄罗斯人目前正在进行开采。前苏联沿海海区风浪不算汹涌，这为人们开采海底矿藏提供了很大方便。他们在波罗的海的磁铁矿、黑海的钛和磁铁矿、亚速海的铁矿、北极海中的锡、千岛群岛沿岸的钛和磁铁矿等海滨区域，获得了大量的矿藏。在前苏联的高加索的鲁斯塔维钢铁联合企业中，人们生产原铁的原料就是从黑海中捞取的铁磁矿精砂。

独居石砂正在斯里兰卡和印度海滨5—65米深的海中开采出来。当前全世界所消耗的锆的精砂矿77%左右都是来自澳大利来的浅海砂。澳大利亚每年仅从海洋中开采的金红石出口就可获2.5亿美元。海底锡矿也极为丰富，锡矿的开采已有很久的历史了，海洋锡矿的产区在马来西亚、印度尼西亚，泰国及阿拉斯加的沿海。英国西南沿海的康沃尔早在罗马帝国时，就已对海底锡矿进行了开采，锡矿层已经由浅海向深海中延伸。

日本南部的九州岛附近，在有明湾的浅海有一个巨大

的矿层，这是世界上的最大磁铁矿，储量在 17 亿吨以上。在这里从 15—35 米深的海底中取上来的砂含铁量高达 56%，在东京湾，日本人开采了巨量的富铁矿。这个海底铁矿使日本人极为兴奋，不亚于发现了新大陆，因为这个资源贫乏的岛国所需的钢铁 80% 是依靠进口的。

海洋中有磷钙石，这是早在 1873 年就被人类发现了的，这类化合物一般沉积在水深 40—360 米的海底，据海洋地矿专家估计，世界总储量有好几亿吨，磷钙石含有 20%—30% 的五氧化二磷，它既可做磷肥，还可利用到火柴、玻璃、制糖、食品、纺织、照相、医药等方面中。现在，全世界都对磷产生了广泛的兴趣，尤其化肥工业的需要，人类对磷矿层的开发日益增加。加利福尼亚沿岸的总储量大约有 15 亿吨，在日本海大陆架，前苏联科学家也发现了大的磷矿。据说，这种磷矿有增加的趋势，因为磷在海水中的溶解性随海水温度的降低和 P^H 值的下降而提高，冷海水向表面上升， P^H 值和温度提高，磷便沉淀出来。这种机制特别在太平洋和大西洋沿岸，在加利福尼亚的西海岸，在墨西哥湾流的东岸及南非的西海岸，作用更明显。

世界上滨海“淘金”业已有 200 余年历史，开发技术也不断更新。美国、澳大利亚、加拿大、日本、前苏联等工业国家，由于他们海滨砂矿开发利用较早，海滨砂矿的研究程度也高，调查范围已扩大到水深 50—100 米的范围。印度尼西亚、泰国、印度、纳米比亚、南非等国，

由于具有得天独厚的矿产资源和上百年的滨海砂矿开发经验，开发技术和选矿工艺等方面也比较先进。目前所采用的采矿设备基本上都具有规模大、效率高、机械化和自动化程度高，并能在水下作业等特点，常用的是挖泥船和采矿机。

南非于 1978 年设计了一种泵吸船采矿法，泵吸船可以直接在海底开采金刚石。开采时，将船开到已探明有金刚石富集的海底并放在坑穴区，把含有金刚石的砂砾吸到船上，然后再回岸上，经过淘洗、选矿就可以得到金刚石，这种采矿船每天可回收 500 克拉金刚石。除泵吸船外，南非还有 6 条浮动吸泥船，可在 50 米水深之上作业，生产效率是 15000 吨 / 日。纳米比亚有类似的船达 10 余艘，也是用于开采金刚石。美国“海洋科学和工程公司”在 1970 年制造的一种人控水底挖泥船，船上只有 2 名工作人员操作，潜水深度 15 米，挖泥机自身功率 200 马力，机上装有旋转刮刀电动机，功率为 300 马力，生产效率是每小时 200 立方米。美国的“诺斯特伦公司”新制造了一种深水挖泥机，工作深度为 2000 米，潜水时间是 600 小时，由辅助船自动控制，生产效率每分钟 20 立方米。意大利也有一种较先进的挖泥机，机体上面装有特殊的蓄水罐，能自动排水放水，生产时，工作人员在船上打开自动控制装置，使罐装满水，机体便沉入水底，再打开机上刮刀就可开始作业，完工后，罐内的水就可自动排出，机体便可自行浮出水面。这种挖泥机工作深度是

70 米，工作面面积是 5×2.5 平方米，工作速度为每小时 140 米，生产效率一般为 730 立方米/小时。另外，还有一些国家使用斗式挖泥机、泵斗式挖泥机等。

这些工业先进的国家，基本上都相应地建立了选矿厂，多数采用重选——电磁分离、静电分离、浮选分离和电子计算机控制的选矿系统，还有的在采矿的同时，将采到的砂矿，直接在采矿船上进行淘洗和选矿。

滨海砂矿的开发产值，已成为仅次于石油的矿产资源。

中国怎么样呢？

中国砂矿开发历史虽然悠久，但真正形成规模是在本世纪 50 年代初到 60 年代中叶，70 年代以后，有了较大发展，滨海砂矿的调查研究 and 开发利用出现了新局面。沿海各省市地质、科研和生产部门，相互配合先后进行了海岸带资源调查研究，发现了金、金刚石、砂锡矿等，在浅水区圈出了 40 余个重矿物区。现在已查明的 100 多个大、中、小工业矿床中，已有一个部分进入详查阶段。已经开发利用的有，锆石、金红石、钛铁矿、独居石、磷钇矿、砂金和石英砂等，开采的砂矿床有 30 多处。中国从滨海砂矿中提取的工业矿物，大部分用于本国，出口量很小。钛铁矿主要用于制造钛合金、钛白粉，人造金红石、电焊条和钛板；独居石内的轻稀土元素用于制造各种合金、打火石、防辐射玻璃和陶瓷、电气照明的点火装置和白热炭精；独居石中的钍是原子能的主要能源之一，还可

以用来制造优质合金、化学指示剂等。

中国的开发技术以土法开采为主，机械、半机械化的生产方式现在只有一部分。土法生产主要靠人力手工挖掘，并使用淘洗盘、流槽、手摇淘洗船等工具。泵船喷射泵开采，工艺算是较先进的，年产量只有 20—30 吨。采金船是最为先进的，但是数量极少。

工业选矿工艺一般采用粗选和精选两道工序。粗选工序在开采现场完成，然后再运到选矿厂进行精选分离。选矿厂精选砂矿加工工艺，可分为重选和浮选两种，电磁选常作为重选工艺的辅助手段，机选工艺流程概括有单一重选或重选——电磁选流程，浮选流程和重选——浮选流程。

中国的滨海砂矿极其丰富，但是，无论在调查研究方法上还是在开发利用上，都不是很先进的，与工业国家相比，还存在着很大差距。调查范围在近岸，设备仪器也落后，从事海洋砂矿的专业人员少，采选手段和选矿工艺机械化程度低、工艺流程简单，生产效率和综合回收能力都较差，生产范围在近岸，生产能力为中小型。

这是中国人应该面对的现实。

三、向海洋要建筑材料

随着人口的不断增长和建筑物的不断崛起，建筑材料成了人类担忧的问题。仅以中国为例，实心粘土砖产量以

每年 300 亿块的速度猛增，1988 年全国共产实心砖 4365 亿块，耗煤 5000 多万吨，砖瓦窑占地已达百万亩，每年烧砖毁田 7 至 10 万亩。

人类已经把目光投向了海洋。

一些工业国和发展中国家在向海洋要建筑材料方面，已经卓有成效。在澳大利亚大陆生产水泥的原料也是很稀少的，但澳大利亚人的海滨区域有大量的珊瑚，就其化学组成来说，可用于生产水泥。在布里斯班附近的达拉一家海洋水泥厂，为生产水泥每年要加工 60 万吨以上的珊瑚。在旧金山湾，人们很早就把珊瑚用作水泥原料。这一带海域中堆积的珊瑚层厚达 7 米，人们使用索斗游动挖掘机和吸泥船进行开发，类似的开采也在法克萨湾中的岛山进行。在墨西哥湾中开采石灰质的贝壳，用于生产水泥及饲料。

珊瑚当建筑材料由来已久。最初人类是用珊瑚修建防海水侵蚀的设施，如码头、堤坝等。珊瑚有着很强的繁殖能力，里面的一层死了，外面又长出新的。珊瑚形成礁后，因具有多孔性而不适宜直接用于地面建筑，人们一般是采用已形成石灰石的死珊瑚礁，把它加工成块，用来砌墙。后来，人们变得聪明了，将珊瑚礁焙烧成粉，用来制成粘合剂，代替水泥和石灰。土法烧制很简单，用珊瑚礁建砌一个直径 10 米、高 2 米的窑，上面堆上风干过的珊瑚石，用粘土封住，烧 7—10 天后取出，放上淡水溶化后，就成为熟石灰了。这种石灰不含杂质，且粘性好，色

泽也非常洁白。澳大利亚的一家海洋水泥厂就是利用珊瑚加工优质水泥的。其配方是用 60 公斤的珊瑚，4 公斤砂，3 公斤矾土，2 公斤烧石灰和 0.25 公斤氧化铁。烧成后可得 42 公斤的优质水泥，其成本也很低廉。*

近年来向海洋要建筑材料有了新发展，由于第三世界国家通常没有能力进行大规模工程建设，如桥梁、水坝、楼房等，这些土木工程开支很大，有些第三世界国家难以承受其昂贵的进口建筑材料。联合国开发计划署试验成功了从海洋中制造建筑材料的技术，为第三世界国家解决了重大问题。

这项实验是在哥伦比亚海岸进行的。在那里，工程师们以金属网和微弱的电流为原料，制成了完全可以使用的砖、瓦、管道及其他建筑材料。接着，工程师们把金属网制成预定的形状，并将它放入海水中，接着，给金属网通上微弱的电流，剩下的工作要由海洋动物来完成，工程师们可以舒舒服服地坐下来等候了。仅需 3 个月，金属网上就会密布一层厚度为半厘米的有机物。

这种方法的发明者之一豪尔赫·扎普说，我们能够以低成本制成各种形状和尺寸的耐用材料了。在第一周内，金属网释放的电流将海水中的钙离子吸引到金属网的表层，钙离子与二氧化碳相结合，形成碳酸钙。在随后的两个月中，覆盖在金属网上的碳酸钙薄层就变成了无脊椎海底动物幼虫的理想巢穴，如蛤蜊、贻贝、珊瑚等，这些动物需要钙建造自身防护用的甲壳，而金属网的电流可为其

免费提供。

由于这些小动物生命周期很短，它们死后，上面又会附上一层新的小生物，因此，用不了多久，金属网上就会形成一层又硬又坚实的岩石层。目前古巴工程师正通过这项技术建造一条输水管。扎普还计划用这类建筑材料盖房子。

最普遍的方法是捞取滨海底下的砂石。因为在浅海的岸边有广阔的平原，这些平原被石子覆盖着，早在 1968 年，英国每年有 1/10 的建筑填充材料取自海底石子。瑞典人为了保护航道，对沙滩和石子地带也进行了开采，将开采出来的砂砾用作建筑材料，这实在是一举两得的大好事。瑞典大约每年 60 万立方米的建筑用砂。美国的建筑公司在大西洋和太平洋沿岸开采砂石，用于建筑，在新泽西州附近，据估算，大约有 10 亿立方米的砂石可用作建筑。

有些国家则开始了储藏业。他们将砂石开采出来后，洗净储藏起来，卖给友邻国家或一些建筑部门。

海洋建筑材料的开采设备，与开采海底矿石的设备一样。索斗游动机起重臂上，吊着一个很大的铲运机刮斗，从海底上挖出石子后，倾倒入运输船上，这种设备比较常见；还有一种吸泥机，从浅海中通过一条管路把海砂运到岸边。这种起重臂长 9 米，运上来的海砂，可用来加固岸边和垫地。易北河潮间带，游动着一座海上石子加工厂，每小时可获得 300 吨石子砂。荷兰的海砂脱盐装置“阿

奎拉”每周可处理海砂 15 万立方米，供阿姆斯特丹附近城乡建筑用。还有一种开采机是带切头的吸泥船，它在浅海中把含金刚石的砂和石子吸上来，在船甲板上用一种专门的方法从泥水中把有价值的石头滤出来，其余用于建筑。

海洋建筑材料的开采，将为人类带来广厦千万间。

四、海洋中的矿山

滨海沉积物的开采已司空见惯。

滨海下面的基岩矿也被人类开采利用。

海底煤矿、海底铁矿、海底锡矿、海底重晶石矿、海底硫磺矿、海底钾矿和海底岩盐矿等，向人类展现出一个丰富的海底矿物世界。

早在上世纪，人类就得知海底蕴藏着丰富的煤。人们最先在陆上挖煤，之后，从陆上出发，向滨海乃至海底进发。英国在北海和爱尔兰海开采海底煤一般在 100 米深，英国是从 16 世纪就开始的；日本则是从 1880 年开始，他们在九州岛海底已开始了大规模的采煤作业。

加拿大在新苏格兰附近距岸边 450 米甚至 5000 米的海域开采煤。在智利海岸也同样进行了开采。土耳其在科兹卢附近的黑海中开了煤矿。英国和日本陆地煤炭资源不足，向海洋要煤炭的步伐迈得最快。现在，这两个国家所需的煤有 10% — 30% 是从海底煤矿中获得的。