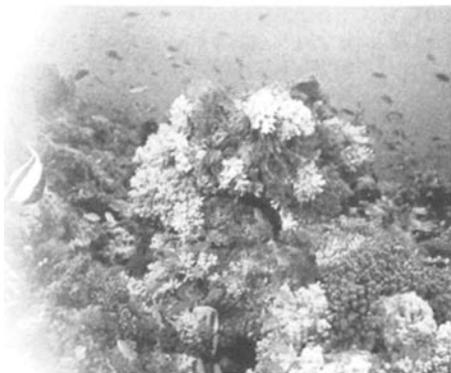


深海资源概述

Overview of Deep-Sea Resources

供稿| 高 威, 马佳珍 /GAO Wei, MA Jia-zhen



内容导读

经济活动的加速, 工业进程的突飞猛进, 使得资源紧缺成为日益显著的问题, 陆地矿产资源已经不能满足飞速发展的社会需求, 于是人们将目光投向了占地球面积高达 70.8% 的海洋。地球表面 5.6% 的大陆架是地球上仅有的一块未开发的疆土, 它不仅蕴藏着丰富的油气和矿物资源, 而且海洋本身亦是一个取之不尽的资源和能源宝库, 目前国际海洋开发又一新热点就是海洋国际海底。文章介绍了海底的各种资源, 尤其是国际海底区域的矿产资源, 包括多金属结核、富钴结壳、海底热液硫化物等。

国际海底区域是地球上尚未被人类充分认识和利用的最大潜在战略资源基地, 随着人类进入 21 世纪, 国际海底区域在战略地位上的重要性也日益凸现出来。国际海底区域是指国家管辖海域以外的海底区域, 总面积为 2517 亿 km^2 (假定所有沿海国家都主张宽度为 370 km 的专属经济区), 占地球总面积的 49%。国际海底区域资源蕴藏丰富, 包括多金属结核、富钴结壳、海底热液硫化物等。多金属结核是最早引人注意和研究较为清楚的深海矿床, 可能是海底分布最大的金属资源。富钴结壳也是一种海底重要的金属矿产资源, 其中钴的平均含量高于陆地 80 倍。海底热液矿床是近年来颇为引人注目的深海资源,

主要出现在 2000 m 深水处的大洋中脊和地层断裂活动带, 是一种具有远景意义的海底多金属矿产资源。

多金属结核

多金属结核广泛分布于水深 4 ~ 6 km 的海底, 含有 70 多种元素, 其中镍、钴、铜、锰的平均质量分数分别为 1.3%、0.22%、2% 和 25%, 其资源量分别高出陆上相应资源量的几十倍到几千倍。由于采用的方法和资料数据的不同, 对全球洋底多金属结核资源量的精确计算十分困难, 其结果相差很大。人们至今引用最多的数据仍然是: 全球大洋底多金属结核资源总量为 3 万亿 t, 有商业开采潜力的多金属结核资源量达

750 亿 t。

多金属结核在三大洋的分布极不均匀。大西洋的多金属结核分布十分有限, 且主要分布于北大西洋, 有凯尔文海山、布莱克海台、红黏土区和中央大西洋海岭四个结核分布区。其主要特点是分布水深较浅, 并且金属元素的含量较低, 如布莱克海台的结核中的镍仅为 0.52%、铜仅为 0.08% (质量分数)。

印度洋的多金属结核分布较大西洋广泛, 主要有中印度洋海盆、奥顿海盆、南澳大利亚海盆、塞舌尔地区和厄加勒斯海台五个分布区。其中位于中印度洋海岭和东印度洋海岭之间的中印度洋海盆的多金属结核, 无论是结核的丰度还是结核中的铜、钴、镍

作者单位: 1. 中国大洋协会办公室, 北京复兴门外大街 1 号 100860; 2. 北京科技大学, 北京市海淀区学院路 30 号 100083

含量均较高。

太平洋是多金属结核分布最广泛、经济价值最高的地区。结核的分布呈带状,有东北太平洋海盆、中太平洋海盆、南太平洋、东南太平洋海盆等分布区。其中位于东北太平洋海盆内克拉里昂、克里帕顿两层断裂之间的地区(简称CC区)是结核经济价值最高的地区。除印度外,所有申请作为先驱投资者的矿区均在这个区域内。中太平洋海盆多金属结核蕴藏丰富,但金属元素的含量较低。该地区结核的元素锰、铜、镍、铁、钴平均质量分数分别为22.5%、0.75%、0.89%、11.6%、0.25%。南太平洋环南极地区的结核铜、镍等金属元素的含量比较低。东南太平洋海盆(秘鲁海盆)结核丰度达14 kg/m²,最高可达30 kg/m²,而且镍的平均质量分数1.2%,铜的平均质量分数为0.6%,也是具有较大经济潜力的地区。西南太平洋结核的富集区面积超过45000 km²,与东北太平洋CC区相比,该区结核的金属含量较低,仅仅只有CC区的一半。

富钴结壳

富钴结壳是海底一种重要的金属矿产资源^[1]。1980年,德国与英国利用“Sonne”号进行调查时,第一次在太平洋发现富钴结壳,首次指出其中钴等金属的巨大潜在经济价值,接着,美(1984)、日(1985)、俄(1986)等西方国家为实现其资源霸权,纷纷投入巨资开展结壳资源的勘查工作。

钴结壳常呈浅黑色或褐黑色,是大洋底部铁和锰氢氧化物矿物

的聚集体,大多呈斑块状;生长在海山斜坡硬质基底上,分布在专属经济区和国际海底区域中水深较浅的海山、海坡上,水深一般为800~4000 m;由沉积(水成)、成岩作用和其他过程所形成,矿物成分以水羟锰矿为主;钴结壳最大厚度20 cm,化学成分与多金属结核相似,但Co、Fe含量较高,而Cu、Ni、Mn较低,有用金属Co、Cu、Ni、Pt及稀土元素等,其中钴的平均品位高达0.8%~2.0%,是多金属结核钴含量的4倍。钴平均含量较陆地原生钴矿高几十倍,铂平均含量高于陆地80倍。由于结壳赋存水深浅,有价金属资源含量高等原因,自20世纪80年代初德国针对富钴结壳开展调查以来,已引起人们越来越多的重视,富钴结壳已成为当前大洋矿产资源勘探与研究的热点^[2-3]。

钴结壳分布的海域较广,海山区都可找到其踪迹。目前调查表明太平洋、印度洋和大西洋都有富钴结壳聚集(表1)。最大的聚集地在太平洋近赤道带西段。在赤道以北(皇帝海山、奥加萨瓦尔高原,米卢奥卡高原)和赤道以南(费夕克斯、库卡等地)分布一些较小的矿带^[4]。

海底热液硫化物

表1 世界各大洋钴结壳中主要金属的平均品位 %

大洋名称	Co	Ni	Cu	Mn	Fe
太平洋	0.73	0.47	0.16	23.06	16.09
大西洋	0.53	0.40	0.11	20.07	18.56
印度洋	0.38	0.39	0.13	18.04	16.16

海底热液矿床是近年来颇为引人注目的海底重金属资源,其中作为目前研究重点的是热液硫化物矿床。其成分主要有Cu、Fe、Zn、Pb及贵金属Au、Ag、Co、Ni、Pt(表2),此外海底热液矿床还包括铁锰氧化物、重晶石、石膏、黏土矿物等^[2-4]。这些矿床有的呈烟筒状,有的呈土堆状,有的呈地毯状^[5-6]。每座矿体的质量从数吨到数千吨不等^[7]。统计资料表明上述矿产陆地资源储量的静态保证年限分别为:Cu 40年;Fe 171年;Pb 26年;Zn 26年;Au 25年;Co 100年;Ni 68年;Pt 135年;Mn 97年;重晶石 27年^[8]。从海底热液矿床的产出及开采看,它与铁锰结核或钴结壳相比,又有水的深度浅、矿体富集度大,成矿过程快,易于开采和冶炼等特点^[9-10]。

大多数热液硫化物矿床规模较小,但也有个别矿床规模较大,例如,在加拉帕戈斯发现一个热液硫化物矿床,长1000 m,宽200 m,高35 m,平均质量分数为Fe 35%,Cu 10%,Zn 0.1%,并含有Ag、Ge、Pb、Cu、V、Sn等,储量约2500万t,总价值达39亿美元。又如在东太平洋海隆勘查到海岭块状硫化物储量为150万t以上;在北胡安德富卡海岭热液硫化物也将接近1000万t。

据最近资料,澳大利亚一家公司在巴布亚新几内亚比斯马克(Bismarck)海域曼纳斯与新爱尔兰海盆(Manus and New Ireland Basins),发现了金属品位相当高的热液硫化物矿床,其中含Zn 26%、Cu 10%,而Ag为200 g/t,

表2 不同洋底环境热液硫化物矿床中主要金属质量分数

矿床	Cu	Fe	Zn	Ba	Mn	Ag	As	Sb	Pb	Co	Ni	Au
加拉帕戈斯	4.48	32.60	4.02	0.04	5.42	46	139	11	420	288	16	345
蛇坑	12.42	35.47	7.00	0.00	444	111	364	32	665	228	21	2180
大西洋地质断面	6.21	25.17	11.71	0.00	548	80	78	20	540	130	97	2170
勘探者海岭	3.23	25.78	4.85	7.61	865	122	544	38	1100	473	8	777
轴海山	0.40	4.95	18.31	16.00	597	175	572	320	3500	3	22	4711
胡安德富卡	0.16	19.73	36.72	0.06	970	178	359	18	2600	11	8	110
东太平洋海隆 13°N	7.83	25.96	8.17	0.08	100	49	154	< 10	500	968	< 20	260
东太平洋海隆 11°N	1.92	22.39	28.00	0.06	775	38	399	30	670	16	—	154
东太平洋海隆 21°N	0.58	12.44	19.76	0.15	246	98	296	23	2100	14	3	150
东太平洋海隆 17°26'S	2.15	36.25	5.55	0.00	—	31	137	9	278	270	—	100
东太平洋海隆 21°50'S	2.39	28.39	21.74	0.00	—	120	110	14	515	—	—	364
马里亚纳海槽	1.15	2.39	9.96	33.33	175	184	126	190	74000	2	—	784
冲绳海槽	1.77	7.33	22.00	2.76	1567	2100	27537	—	142700	—	—	4600
北斐济海盆	7.45	30.05	6.64	0.82	761	151	182	30	571	238	< 20	1077
劳海盆	4.56	17.40	16.10	11.56	542	256	2213	51	3300	3	6	1400

注: Cu、Fe、Zn、Ba质量分数单位为%, Mn、Ag、As、Sb、Pb、CO、Ni质量分数单位为10⁻⁶, Au质量分数单位为10⁻¹²。

Au为15 g/t, 矿床品位远远高出陆地矿床和大洋多金属结核的品位。

其他资源

除了上述几种资源外, 深海中还有许多有重要潜在价值的资源, 如磷酸盐、深海黏土和碳酸盐、海水中的溶解矿物资源等。

陆地上的大多数磷酸盐只产于少数几个地区。结核状磷灰石或团块状的磷酸钙是在中等水深中形成, 主要在外陆架边缘或孤立的台地上, 产地基本上沿着美洲西海岸和非洲海岸呈线状展布。形成磷钙土的典型环境是低纬度富含营养物质的生物活动频繁的地区。另一种重要矿产品是含钾

的矿物海绿石, 它形成的环境与磷钙土结核相似。磷和钙是成岩作用早期从沉积物中析出而形成结核, 并含有其他的微量元素, 所含的铀(一般含铀50~150 g/t)是一种有价值的副产品。

深海中的黏土矿物和碳酸盐沉积是潜在的建筑材料和工业用料, 它的资源量异常巨大, 与其他海洋资源相比, 其开采技术简单得多。日本等国已经开始探索性开发深海黏土矿物和深海软泥资源, 并已试制成产品。从某种角度考虑, 人类将来对深海中的黏土和碳酸盐的利用也许要早于其他金属矿产。

海水可看作是现存的最大的单一矿体, 利用最多的是通过海

水蒸发得到食盐。现正从海水中提取的其他有经济价值的化合物是溴和氯化镁。前者是用氯气反应而回收, 后者是与廉价的白云岩或灰岩作用而提取。有些国家还对用吸附法从海水中提取金属作了大量的研究。

铀和钒被硅藻一类的海洋生物从海水中吸取, 又从他们的组织中析出, 保存在还原环境的沉积物中。典型的富含铀和钒的沉积物是在半封闭的边缘盆地中形成的黑色页岩。在这种黑色页岩中含有1000 g/t的钒和70 g/t的铀, 在海相磷钙土中也含有类似数量的铀。溶解于海水中的铀总量大于40亿t。海水中相对较高的铀含量(3 mg/t), 促使人们加强研

究用离子交换法直接从海水中提取金属，或者通过藻类海水养殖方法间接取得。

参考文献

[1] 冯雅丽, 李浩然. 深海矿产资源开发与利用. 北京: 海洋出版社, 2004:56-78

[2] Manheim F.T. Marine cobalt resources. Science. Newsletters, 1986, 232(4750): 600-603

[3] Hein J. Cobalt-rich ferromanganese crusts: global distribution, composition, origin and research activities. Polymetallic massive sulphides and cobalt-rich ferromanganese crusts: status and prospects. ISA Technical Study, 1992(2):43-49

[4] Rona P.A. Resources of the sea floor. Science, 2003(299):673-674

[5] Commeau R.F. Ferromanganese crust resources in the Pacific and Atlantic Oceans. IEEE, 1984, 197: 421-429

[6] Congress U.S. Office of Technology Assessment. Marine Minerals: Exploring Our New Ocean Frontier. Washington: U.S. Government Printing Office, 2001:89-96

[7] Glasby G.P. Lessons learned from deep-sea mining. Science, 2002, 289(5):551-553

[8] Yamazaki T., Sharma R. Distribution characteristics of Co-rich manganese deposits on a seamount in the central Pacific. Marine Georesources and Geotechnology, 1988(16): 283-305

[9] Yamazaki T., Sharma R. Morphological features of Co-rich manganese deposits and their relation to seabed slopes. Marine Georesources and Geotechnology, 1990(18):43-76

[10] Kojima K. Japan/SOPAC deep sea mineral resources program: a synthesis of the first stage (1985-1999). SOPAC Technical Report, 2000: 38-82

作者简介

高威(1968—), 女, 1989年英语大专毕业, 1991年进入中国大洋矿产资源研究开发协会, 从事国际海底矿产资源研究管理工作, 现任工程师。参与《大洋多金属结核化学分析方法》《海底沉积物化学分析方法》等国家标准的编写和《国际海底战略规划编制研究》等。

马佳珍(1986—), 女, 北京科技大学车辆工程系研究生, 主要研究方向: 深海采矿车行走机构设计。

自然铜浅说

A Brief Introduction on Native Copper

供稿| 陈晓洁, 汪常明/ CHEN Xiao-jie, WANG Chang-ming

内容导读

自然元素矿物有自然金、自然银、自然铜、自然铂、自然硫、金刚石、石墨等。历史上自然铜曾造就了世界上某些地区的“红铜时代”或“铜石并用时代”, 当前自然铜作为奇特的观赏矿物在现代宝石市场受到了人们的喜爱和追捧。文章简要介绍了自然铜的属性、地质成因和世界分布, 结合考古与历史文献资料, 讨论了自然铜在人类文明进程中的意义, 期望增进人们对这种独特的金属矿的认识与了解。

在地球上, 有一类特殊的矿物, 它们呈单质状态组成, 这类矿物被称之为自然元素矿物。虽然自然界中目前已发现这类矿物已超过 50 种, 但它们占地壳总质量还不足 0.1%^[1]。通常, 人们比较熟悉的自然元素矿物有自然金、自然银、自然铜、自然铂、自然硫、金刚石、石墨等。自然铜也是这自然元素矿物中的一员, 尽管它既没有自然金那样鲜艳的外表, 也没有自然铂那样不菲的价值, 但它却是与人类文明历史进程关系密切的一种重要金属。自然铜不仅造就了世界上某些地区的“红铜时代”或“铜石并用时代”, 而且作为奇特的观赏矿物在

现代宝石市场受到了人们的喜爱和追捧。

自然铜属性与地质成因

自然铜属于自然铜族矿物, 该族包含自然金、自然铜和自然银三种矿物, 本族矿物均具铜型结构: 结构中 Au, Cu, Ag 原子呈立方最紧密堆积, 配位数为 12。原子占据立方体单位晶胞的角顶及每个面的中心(图 1)。

自然铜在自然界天然生成颗粒状、片状、块状等形状各异的集合体, 小的细如沙粒, 大的可重达数百吨。有些自然铜矿在独特的成矿环境下, 形成了奇特的外形, 美不胜收, 颇受人们的喜爱。

作者单位: 广西民族大学科学技术与社会发展研究中心, 南宁 530006