

西太平洋某区水下海山上的富钴结壳

潘家华¹ 刘淑琴¹ 李波² 王高尚¹

(1 中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 2 中国大洋矿产资源研究开发协会, 北京)

提 要:通过对西太平洋某区水下海山上富钴结壳的类型、物质组分、主要成矿元素地球化学特征及其在空间分布规律的首次初步研究, 阐述古地质、古地球化学、古海洋环境对富钴结壳形成富集的影响, 对进一步开展工作和找矿勘探有重要指导意义。

关键词:富钴结壳 特征 西太平洋

在大洋重要矿产资源中, 富钴结壳是一种仅次于大洋多金属结核而受到各国政府高度重视和密切关注的矿产资源。富钴结壳的钴含量比陆地著名钴矿床钴含量高数倍至 20 倍, 铂比美国东西海岸正在开采的砂矿铂含量高 10 多倍。与大洋多金属结核相比, 其水深浅 1/2~1/3, 钴含量高 3~4 倍, 丰度高 4~6 倍, 覆盖率高 3~4 倍, 单位面积内的资源量高约 10 倍, 开采纯利润经估计亦高 2~3 倍。可以预料, 随着海底开采控制技术的提高及铂等伴生元素的综合回收, 富钴结壳有可能率先进入商业性开采。

80 年代, 我国曾对中太平洋富钴结壳作过初步研究^[1]。90 年代也作过一些研究^[2,3]。1994 年联合国“海洋法公约”生效后, 国际海域矿产资源的争夺态势愈趋激烈。为维护我国海洋权益, 尽早成为富钴结壳“先驱投资国”, 1997 年起, 我国开始开展富钴结壳的海上调查。初查表明, 在西太平洋某区存在着具潜在资源前景的富钴结壳矿床。

1 地质背景

调查区位于西北太平洋的国际海域。该区地质构造复杂, 沉积物类型多样, 火山活动强烈。据海底地形资料分析, 区内主要构造线方向为 NW、NE 及 EW 向, 与区域构造线方向一致。有利的基底成矿构造为 NW 及 EW 向, NE 向构造成矿较差。区内主要沉积物类型为中生代晚白垩纪浅水礁灰岩, 新生代深水远洋泥质、硅质沉积物及生物碎屑沉积, 沉积厚度几百米。火山活动则以多期为特征。主要有晚侏罗-早白垩的拉斑玄武岩, 白垩-始新世的亚碱玄武岩及渐新世-中新世的碱性玄武岩和火山碎屑岩。调查表明, 富钴结壳主要产在最低含氧带 (OMZ) 以下, 碳酸盐补偿深度 (CCD) 以上, 水深 1500~3500 m, 基底岩石主要为玄武岩、火山碎屑岩及礁灰岩的水下平顶海山的斜坡上, 分布面积达几百平方公里。在平顶海山顶面及砂、泥质等松散沉积物上, 富钴结壳不发育。海山斜坡下部及陡坡下的平坦地段, 分布着水下滑塌形成的堆积层, 常见有薄膜状结壳或结核存在。

2 富钴结壳类型及特征

经样品综合研究, 区内富钴结壳可基本划分为 4 种类型。

2.1 板状厚层结壳

这种结壳常以连续性相对较好的板壳状产于平顶海山的转折端或坡角较小的海山上斜坡中部。厚度大于1 cm, 最厚近10 cm。结壳表面呈平滑状、小丘状、葡萄状及疏松多孔状等多种形态。其最显著特征是常以结构迥异, 分层界线基本清晰的多层结壳产出, 反映形成时古地质、古地球化学和古海洋环境的差异。典型的三层结构结壳之外层为褐色, 微密状, 似褐煤。厚度较薄, 但内可由厚度不等的微层组成。因而, 脱水干燥时易剥离成层。中间层为褐色, 多孔疏松状, 似煤渣。厚度较大, 其内常见不规则脉状、浸染状、团块状方解石、磷酸盐、生物碎屑及粘土矿物等分布。内层则为黑色, 微密状, 似无烟煤。厚度通常较薄。与硬质基底接触时界线清晰。三层结构结壳之厚度多数达4 cm。若缺失某些层位时, 则成为厚度小于1 cm的薄层状单层或2层结构结壳。板状厚层结壳的详细研究, 可恢复古海洋的变迁史。目前, 它已成为当今海洋地学前沿研究的热点。

2.2 巨砾状厚层结壳

这种结壳可分布在海山的不同区段, 但以地形相对平坦的台地上居多。形态为椭圆状、圆球状等, 直径大于10 cm。大小不等的结核状结壳常混杂其间。海底摄像资料表明, 其形成一个较为独特的水动力环境。结壳表面呈节点状、葡萄状等, 但内部结构十分复杂, 核心多由岩石碎屑或老结壳碎屑组成。核心类型、大小、特征与周围环境密切相关。产于固结程度较差的砂、粉砂质岩石区段时, 核心为砂、粉砂质岩石, 核心部分所占体积百分比可大于50%。产于磷块岩、玄武岩或火山碎屑岩区段时, 核心中这些岩石碎屑居多, 但所占体积百分比变化较大。有时直径20多厘米的椭圆形巨砾状结壳, 其核心直径仅几厘米, 此种结壳开采较易, 但资源评估难度较大。

2.3 结核状结壳

这种结壳既可与巨砾状结壳伴生, 又可单独产在海山斜坡下部平坦地段。平顶海山顶面偶有见及。形态简单, 为圆球状, 直径通常小于4 cm, 连生体形态少见。结壳表面平整光滑, 内部亦可呈现结构不同的分层, 此时, 核心为老结壳, 碎屑核心少见。

2.4 薄膜状结壳

在水流冲刷能力较低的松散沉积物表面或有时在坚硬岩石表面, 可见厚度通常小于1 mm, 形态简单的铁锰氧化物薄膜, 在岩石裂隙或断面上亦可见及。这种结壳的钴含量有时较高, 但因厚度太薄而无开采价值。

调查证实, 上述4种类型结壳在海山不同区段分布不尽相同, 但常可在同一站位采集到不同类型结壳, 反映古地质环境对它们的显著影响。总体上, 连续性较好的板壳状厚层结壳分布在海山上部为主, 其它则在斜坡中、下部较为发育。

3 富钴结壳的矿物组分

据对上述不同类型及同一类型不同分层结壳的X射线衍射分析(表1, 图1), 富钴结壳的矿物组分与大洋多金属结核的矿物组分显著不同, 以水成成因的 δ - MnO_2 为主(含量大于95%, 主要衍射峰为2.40~2.43Å及1.41~1.40Å), 未见有10Å相锰矿物出现。次要矿物相有石英, 粘土矿物, 钙十字沸石等, 有些部位有磷酸盐。次要矿物总量仅占百分之几。

表 1 不同类型结壳的矿物组成

顺序号	样 号	类 型	矿 物 种 类	备 注
1	1D-1	板状厚层结壳	δ -MnO ₂ 少量粘土矿物	二层结构之外层
2	1D-2	板状厚层结壳	δ -MnO ₂ 少量粘土矿物	二层结构之内层
3	6D-1-1	板状厚层结壳	δ -MnO ₂ 少量石英十字沸石	三层结构之外层
4	6D-1-2	板状厚层结壳	δ -MnO ₂ 少量石英十字沸石	三层结构之中间层
5	6D-1-3	板状厚层结壳	δ -MnO ₂ 少量石英	三层结构之内层
6	6DS	结核状结壳	δ -MnO ₂ 少量石英	直径 2 cm 圆球之外部
7	6DC	结核状结壳	δ -MnO ₂	直径 2 cm 圆球之核部
8	6D-2	巨砾状厚层结壳	碳磷灰石	“砾状核心”与外层界面处
9	6D-3-1	巨砾状厚层结壳	δ -MnO ₂ 少量石英	三层结构之外层
10	6D-3-2	巨砾状厚层结壳	δ -MnO ₂ 少量石英	三层结构之中间层
11	6D-3-3	巨砾状厚层结壳	δ -MnO ₂ 少量碳磷灰石石英	三层结构之内层
12	6D-3-4	巨砾状厚层结壳	碳磷灰石	“砾状核心”
13	11D-1-1	薄膜状结壳	δ -MnO ₂	表面不平整

表 1 表明，多层结壳外层石英含量比内层多，磷酸盐矿物内部较多。该特征与其生长过程中环境发生明显变化有关。对此，我们将另文予以讨论。

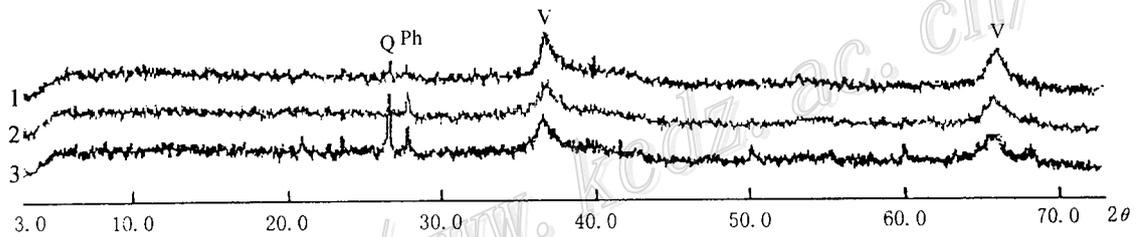


图 1 板状厚层结壳的 X 射线衍射图

Q—石英；Ph—钙十字沸石；V— δ -MnO₂；1—6D-1-1；2—6D-1-2；3—6D-1-3

4 富钴结壳的化学成分

富钴结壳中主要成矿元素的含量是评价其经济价值的重要指标。据对该区不同类型结壳主要成矿元素含量的统计分析，其最低 Co 含量 0.06%，最高 1.49%，平均 0.714%；最低 Ni 含量 0，最高 1.13%，平均 0.535%；最低 Cu 含量 0.03%，最高 0.98%，平均 0.113%；最低 Mn 含量 10.8%，最高 30.46%，平均 21.957%；最低 Fe 含量 1.01%，最高 31.96%，平均 16.19%。该区富钴结壳 Co 平均含量 (0.714%) 比 CC 区大洋多金属结核 Co 平均含量 (0.22%) 高 3 倍多，比太平洋富钴结壳 Co 含量平均值 (0.63%)^[4] 亦高，表明该区富钴结壳具一定勘查前景。

此外，为研究该区富钴结壳空间分布规律，我们对其主要成矿元素与经、纬度和水深的关系作了相关特征研究 (表 2)。

表2 富钴结壳成矿元素与经、纬度和水深的相关矩阵

	纬度	经度	深度	Co	Ni	Cu	Mn
经度	0.249						
深度	-0.039	-0.202					
Co	0.274	0.521	-0.071				
Ni	0.113	0.203	-0.321	-0.031			
Cu	-0.111	-0.078	0.157	-0.338	0.372		
Mn	0.152	0.351	-0.191	0.479	0.609	0.151	
Fe	-0.012	-0.082	0.181	0.359	-0.682	-0.312	-0.103

研究表明,主要成矿元素在空间上分布呈现不同的地球化学学习性。Co与纬度呈弱正相关,与水深呈弱负相关,但与经度呈中等相关;Ni、Mn与经、纬度和水深关系与Co同,但相关更弱;Cu、Fe与经、纬度和水深关系则正好与Co、Mn、Ni相反,反映它们完全不同的空间分布特征。主要成矿元素Co、Ni与Mn呈中等相关,Cu、Fe与Mn,Cu与Fe不相关。结合该区富钴结壳中95%以上的矿物为 δ -MnO₂,可以推断, δ -MnO₂是Co、Ni的主要载体,而Fe、Cu可能以无定形或它种矿物形式存在。

5 讨论和结论

(1) 富钴结壳的类型划分至今未有定论。有人将碎屑核心所占体积大于50%者称之为结壳状结核。我们认为,这会引引起同一站位上核心体积不等的结壳定名上的混乱,因其产出环境、矿物组分及元素地球化学特征基本一致。我们建议,宜以结壳为基本名称,再冠以不同形态之形容词命名之。

(2) 该区海山上富钴结壳形态多样,特征各异,多数呈多层结壳形式产出,显示形成时复杂的古地质、古地球化学及古海洋环境。然而,它们的矿物组分却十分简单,均以 δ -MnO₂为主,表明成因机制上的趋同和未遭受巨大改造的特征。

(3) 该区富钴结壳的Co含量很高,空间分布上与经度有相关关系。初步推测,古海洋生物生产力对此有一定影响。这对进一步开展该区板块运动和海山演化史与富钴结壳富集机理关系的研究及找矿勘探有重要指导意义。

参 考 文 献

- 1 许东禹. 中太平洋海山区富钴锰结壳的研究. 海洋地质与第四纪地质, 1986, 6 (1): 65~74.
- 2 梁宏锋等. 南海尖峰山多金属结壳地球化学. 海洋地质与第四纪地质, 1991, 11 (4): 49~58.
- 3 潘家华, 刘淑琴. 大洋固体矿产富钴锰结壳研究进展. 当代地质科学技术进展, 1995, 1~23.
- 4 Manheim F T. Marine cobalt resources. Science, 1986, 232: 600~608.