



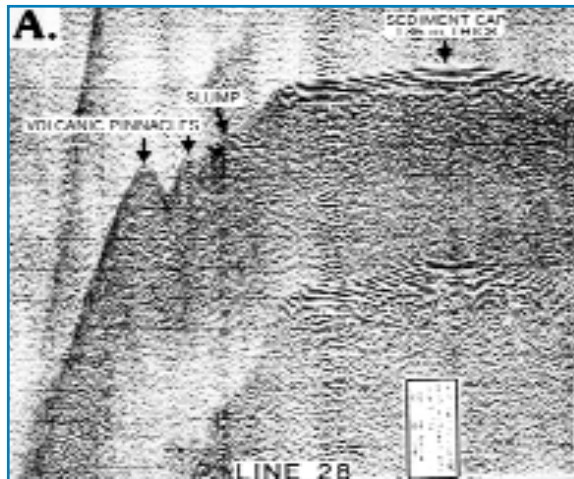
富钴结壳

- 特征
- 成份
- 工业用途
- 经济因素
- 未来的规章

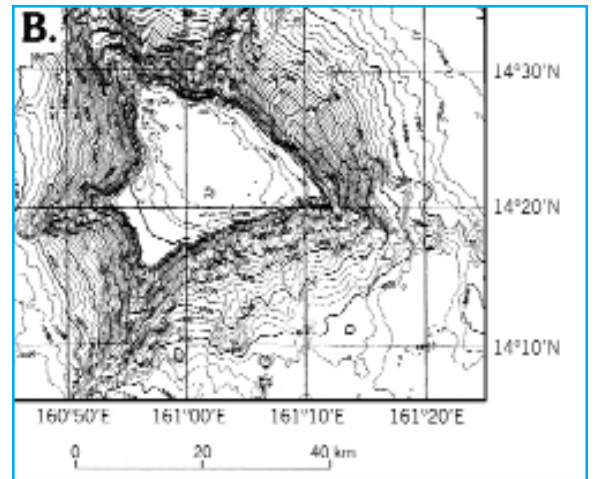
1982年《联合国海洋法公约》规定，国际海底管理局负责组织和控制国际海底区域所有与资源有关的活动。2001年，管理局采纳一项提案，制定规章管理最近发现的两种海洋矿物资源(多金属硫化物和富钴结壳)的探矿和勘探活动。拟议的新规则和管理局前一年通过的关于多金属结核的规章一样，将适用于监管管理局以及可能与管理局签订合同的公、私实体对这些位于国家管辖范围以外的深海底区域资源矿床进行调查的活动。

存象、形成和分布

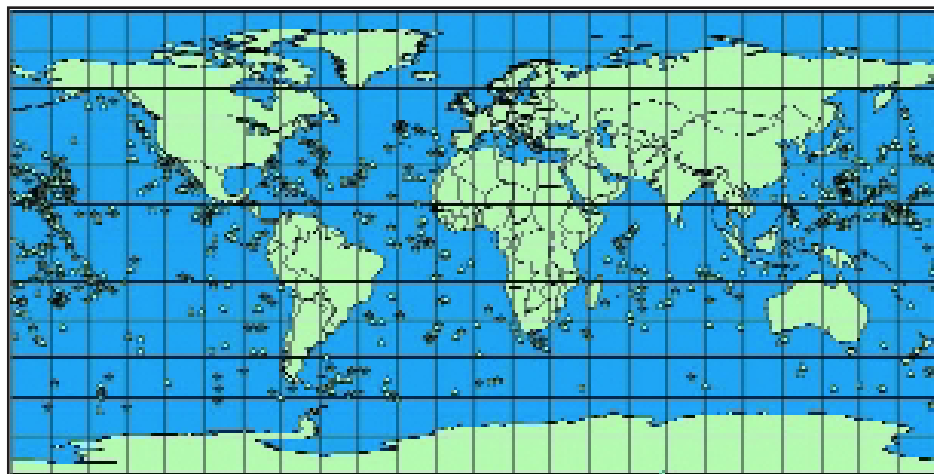
富钴铁锰结壳氧化矿床遍布全球海洋，集中在海山(海底山脉)、海脊和海台的斜坡和顶部。数百万年以来，海底洋流扫清了这些洋底的沉积物。这些海山有一些和陆地上的山脉一样大。太平洋约有50 000座海山，其富钴结壳贮存量最丰，但经过详细勘测及取样的海山却寥寥无几。大西洋和印度洋的海山要少得多。



A. 中太平洋某海山的地震反射剖面



B. 马绍尔群岛某平顶山(中太平洋西部)的水深图



含钴铁锰结壳取样点

结壳中的矿物很可能是借细菌活动之助，从周围冰冷的海水中析出沉淀到岩石表面。结壳形成厚度可达25厘米，面积宽达许多平方公里的铺砌层。据估计，大约635万平方公里的海底(占海底面积1.7%)为富钴结壳所覆盖。据此推算，钴总量约为10亿吨。

结壳无法在岩石表面为沉积物覆盖之处形成。结壳分布于约400-4 000米水深的海底，锰结核则分布在4 000-5 000米水深的海底。最厚的结壳的钴含量最为丰富，形成于800-2 500米水深的海山外缘阶地及顶部的宽阔鞍状地带。

结壳一般以每1至3个月一个分子层(即每100万年1至6毫米)的速率增长，是地球上最缓慢的自然过程之一。因此，形成一个厚厚的结壳层可需要多达6 000万年时间。一些结壳有迹象显示，结

壳在过去2 000万年经历两个形成期，铁锰增生过程为一层生成于800万-900万年前的中新世的磷钙土所中断。这一层在新、老物质之间的间隔可以为寻找更老、更丰富的矿床提供线索。最低含氧层的矿床较丰的现象，使调查人员将钴的富集部分归因于海水中的低含氧量。

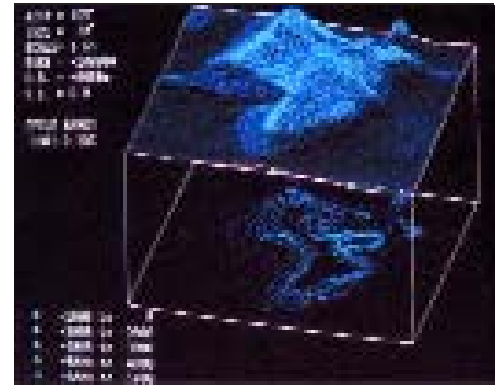
根据品位、储量和海洋学等条件，最具开采潜力的结壳矿址位于赤道附近的中太平洋地区，尤其是约翰斯顿岛和夏威夷(美国)、马绍尔群岛、密克罗尼西亚联邦周围的专属经济区，以及中太平洋国际水域。此外，水深较浅地区的结壳的矿物含量比例最高，是开采的一个重要因素。(专属经济区是从海岸基线向外延伸200海里的海洋地区。在专属经济区内，沿海国对海洋资源拥有专属权利。)



某海山上的铁锰结壳 (CoRMCH. Auki)



铁锰结壳截面 (CoRMCH. Auki)



含铁锰结壳海山模型 (CoRMCH. Auki)

特点和成分

除钴之外，结壳还是其他许多金属和稀土元素的重要潜在来源，如钛、铈、镍、铂、锰、磷、铈、碲、锆、钨、铋和钼。结壳由水羟锰矿(氧化锰)和水纤铁矿(氧化铁)组成。较厚结壳有一定数量的碳磷灰石，大部分结壳含少量石英和长石。结壳钴含量很高，可高达1.7%；在某些海山的大片面积上，结壳的钴平均含量可高达1%。这些钴的含量比陆基钴矿0.1%至0.2%的含量高得多。在钴之后，结壳中最有价值的矿物依次为钛、铈、镍和锆。

另外一个重要考虑因素是结壳与其附着生长的基岩在物理性质方面的反差。结壳在各类岩石之上生成，因此使用普通的遥感技术难以区分结壳及其基岩。然而，结壳与基岩的不同之处在于结壳发出高得多的伽马射线。因此在勘查上覆沉积物较薄的结壳以及测量海山上的结壳厚度时，以伽马射线进行遥感可能是有用的工具。

未来采矿者在寻找可以开采的结壳时，很可能注意以下一些特点。包括：水深不超过1 000-1 500米，年龄在2 000年以上的大海山，其顶部没有大环礁或暗礁，所处位置有持续的强烈底流，上覆水体较浅并且为成熟的低氧带，远离大量注入海洋的河流和风生碎屑物。此外，他们要寻找的海底应起伏不大，位于山顶阶地、鞍

状地带或隘口，坡度平缓并且当地没有火山活动。钴平均含量至少应为0.8%，结壳平均厚度不低于4厘米。

海底多金属硫化物矿床的 矿物成份		
	后弧矿床	洋中脊矿床
铁硫化物	黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿	黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿
锌硫化物	闪锌矿、纤维锌矿	闪锌矿、纤维锌矿
铜硫化物	黄铜矿、isocubanite	黄铜矿
硅酸盐	无定形二氧化硅	无定形二氧化硅
硫酸盐	硬石膏、重晶石	硬石膏、重晶石
铅硫化物	方铅矿、sulphosalts	
砷硫化物	雌黄、雄黄	
铜-砷-锑硫化物	砷黝铜矿、黝铜矿	
天然金属	金	

工业用途

富钴结壳所含金属(主要是钴、锰和镍)用于钢材可增加硬度、强度和抗蚀性等特殊性能。在工业化国家,约四分之一至二分之一的钴消耗量用于航天工业,生产超合金。这些金属也在化工和高新技术产业中用于生产光电电池和太阳电池、超导体、高级激光系统、催化剂、燃料电池和强力磁以及切削工具等产品。

迄今为止进行的调查

1981年在中太平洋地区第一次对结壳进行系统调查。早期工作由德国、美国、苏维埃社会主义共和国联盟(后来成为俄罗斯联邦)、日本、法国、联合王国、中国和大韩民国的科研队伍进行。美国、德国、联合王国和法国已完成野外调查。经过最详尽调查的是赤道太平洋的矿床,主要是多个岛屿国家专属经济区内的矿床。大约42个研究航次(1981年至2001年)调查了太平洋水域的富钴结壳及其他深海矿床,野外和研究工作共花费7 000万至1亿美元。日本从1985年起,按照一个为期15年的项目,为南太平洋应用地球科学委员会(南太地科委)的发展中岛屿国家进行了许多上述的调研工作。

将来的勘探和开采

为了确定可能比较高产的地区的位置,未来的采矿者首先需要绘制结壳矿床详图和小比例尺海山地貌综合图,包括地震剖面图。一旦确定了取样站,就可以部署拖网、岩芯取样机以及声纳摄像机和视频摄像机,以查明结壳、岩石和沉积物的类别和分布情况。为此需要装备齐全的大型研究船来操作海底声波信标和拖拽设备,并处理大量样品。在较后阶段需要载人潜器或遥控作业系统(ROV)。为进行环境评估,需部署测流计锚定设备和生物取样设备。

开采结壳的技术难度大大高于开采锰结核。采集结核比较容易,因为结核形成于松散沉积物基底之上,而结壳却或松或紧地附着在基岩上。要成功开采结壳,就必须在回收结壳时避免采集过多基岩,否则会大大降低矿石质量。一个可能的结壳回收办法是采用海底爬行采矿机,以水力提升管系统和连接电缆上接水面船只。采矿机上的铰接刀具将结壳碎裂,同时又尽量减少采集基岩数量(见图)。已经提出的一些创新系统包括:以水力喷射将结壳与基岩分离;对海山上的结壳进行原地化学沥滤,以声波分离结壳。除日本外,对结壳开采技术的研究和开发有限。尽管提出了各种想法,但这一技术的研究和开发尚在初期阶段。

海山环境

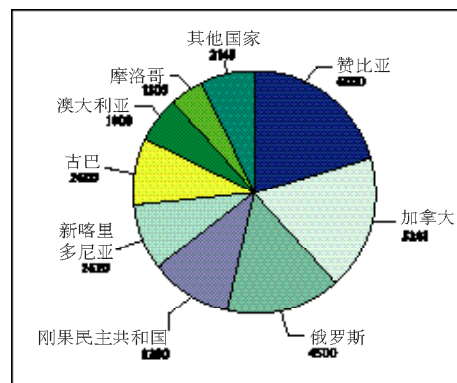
需要对海山生物群落的性质进行更多研究,以便积累可靠的依据,就结壳勘探和采矿造成的环境问题提出建议。除了知道其复杂和变化大的特点外,目前对这些群落知之甚少;位于同一深度的两座海山可能有完全不同的生物组成。海山生物群落的组成和特点由流型、地貌、海底沉积物及岩石类型和覆盖面积、海山大小、水深及海水含氧量等因素确定。

另外还必须了解海山周围的海流,以便开发适当的采矿设备和技术,并确定被扰动沉积物颗粒和废物的扩散途径。海山阻挡海流流动,产生各种更强的涡流和上升流,从而增加生物的初级生产力。这些海流的影响在海山顶部周围的外缘最为强烈,也正是在这些地方找到最厚的结壳。

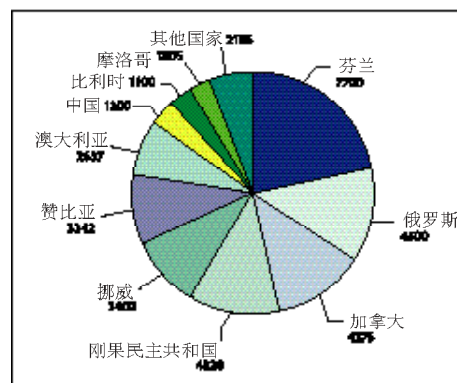
经济因素

结壳除了钴含量高于深海锰结核之外,其开采之所以被认为有利,是因为高质量的结壳储存在岛屿国家专属经济区内,水深较浅,离海岸设施较近的水域。1970年代后期,特别是在1978年,当时世界上的第一产钴国扎伊尔(现在的刚果民主共和国)境内矿区爆发内战,钴价飙升,人们对结壳的经济潜力有了深刻的认识。由于刚果民主共和国的生产持续下降,到2000年,赞比亚、加拿大和俄罗斯联邦三国总产量占了全球总产量(29 500吨)的一半以上(见图)。

2000年钴矿生产情况(以吨计)



钴矿



精炼钴

资料来源:世界矿产统计数据库,《英国地质调查局》。

钴和其他许多贱金属一样，现货市场价格在过去30个月里持续下降，从1999年5月每磅20美元以上跌至每磅10美元以下。在历史上，钴价波动较大。在1979年前扎伊尔沙巴省发生动乱期间，钴价在数周之内激增三倍。当时扎伊尔约占全球供应量的一半。现在，钴生产在地域上远没有以前集中。但从中、短期来看，需求仍趋于缺乏价格弹性。只要认为可能出现供应问题，价格仍可能迅速倍增。

钴供应不确定的一个原因是，在扎伊尔和赞比亚这两个主要生产国，钴是铜矿业的副产品。因此，钴的供应量取决于对铜的需求。铀的供应量也是如此。这种不确定性已促使企业寻找其他代用品，因此市场仅略有增长。如果可以为这些金属开发出其他重要来源，

这将提供较有力的诱因，在产品中重新使用这些金属，从而增加消耗量。对钴以外的一种或多种结壳富含金属的需求，最终可能成为开采结壳的驱动力。

尽管存在上述的经济和技术不确定因素，但至少有三家公司已经表示有兴趣开采结壳。一些新情况(例如，土地用途优先问题、淡水问题和陆地矿区的环境关切问题)可能会改变经济环境，推动海洋采矿活动。现在人们日益认识到，富钴结壳是一种重要的潜在资源。因此，必须通过研究、勘探和技术开发，填补结壳开采各个方面的信息空白区。

表1. 每公吨富钴结壳所含金属的价值

	1999年金属平均 价格 (美元/公斤)	结壳平均 富含量 (ppm)	每公吨矿石的价值 (美元)
钴	\$39.60	6899.00	\$273.20
钛	7.70	12035.00	92.67
铈	28.00	1605.00	44.94
锆	44.62	618.00	27.58
镍	6.60	4125.00	27.23
铂	13,024.00	0.5	6.37
钼	8.80	445.00	3.92
铀	44.00	60.00	2.64
铜	1.65	896.00	1.48
合计	-	-	\$480.03

ppm为百万分率，相当于每吨所含克数。

未来的管理规章

对于立法监管国际海底区域内多金属硫化物和富钴结壳的探矿和勘探活动的问题，由36名成员组成的管理局理事会以及理事会的法律技术委员会于2002年8月第一次就有关问题进行了实质性讨论。该议题是俄罗斯联邦在1998年向管理局提出的。2001年，秘书处起草了一套相关问题的示范条款，其中考虑了参加管理局于2000年就该议题举行的科学讨论会与会者的意见。

需要解决的问题有，是否应该制定两套规章管理这两类资源，及这些规章与管理局2000年批准的现行多金属结核规章应该有何不同。《海洋法公约》设想的平行开发制度将分配给未来采矿者的海底区域在承包者和管理局之间平分。该制度适用于处理广泛散布在海底区域，较易于公平分配的结核。相反，结壳和硫化物较为集中，分布较不均匀，金属含量因地而异，相差较大。另一个

不同之处是，大多数已知的结壳和硫化物矿床位于国家管辖地区之内，因此，其开发会与任何国际区域的开采相竞争。提出的一个解决方法是，管理局不妨与承包者联手，组成联合企业，不独自开采。

管理局将在2003年继续审议这一议题。