

海洋开发的新领域

(下)



美国国会技术评价办公室编

地质矿产部广州海洋地质调查局情报研究室

19

海洋开发的新领域

——矿产资源——

(下)

美国国会技术评价办公室编

李志坚 仇祥华 沈政威

谭 帆 张松举 张 明

译

谭 帆 杨广泰 仇祥华

张 明 欧阳共鸣

校

地质矿产部广州海洋地质调查局情报研究室



海洋开发的新领域

(下)

责任编辑 王筱平

编辑者 广州海洋地质调查局情报研究室

印刷者 广州海洋地质调查局印刷厂

日期 一九九〇年九月

地址 广州市1180信箱

目 录

第五章 开采和海上处理技术.....	(1)
引言.....	(1)
挖掘未固结物质.....	(3)
铲斗系统或岸斗挖掘船.....	(4)
抽吸式挖掘船.....	(6)
抓斗式挖掘船.....	(11)
挖掘技术的新方向和趋势.....	(12)
开采近海固结物质.....	(14)
块状多金属硫化物.....	(15)
富钴铁锰结壳.....	(17)
溶解/钻孔开采.....	(17)
海上开采技术.....	(19)
海上处理.....	(19)
处理含惰性矿物的未固结矿床.....	(21)
处理含活性矿物的未固结或半固结矿床.....	(25)
固结的和复合的矿物矿石的处理.....	(25)
近海采矿实例.....	(26)
近海含钛砂矿的开采情况.....	(27)
近海含铬铁矿物的砂矿的开采情况.....	(31)
近海砂金开采情况.....	(34)
近海磷灰岩开采情况: 佐治亚的泰比岛和北卡罗来纳的昂斯洛湾.....	(37)
插文 5-1 砂矿和砾石开采.....	(43)
第六章 环境研究.....	(48)
引言.....	(48)
浅海和深海中类似的效应.....	(52)
表层效应.....	(52)
水体效应.....	(53)
海底影响.....	(54)
波浪形态的变化.....	(54)
季节性影响.....	(55)
浅水和深水区的不同效应.....	(55)
表层效应.....	(55)
水体效应.....	(55)
海底效应.....	(55)
浅海采矿经验.....	(56)

深海采矿研究	(60)
DOMES: 深海采矿环境研究	(60)
继续进行深海采矿研究	(61)
开采钻结壳的环境影响	(63)
戈达海岭特别工作组的成绩	(65)
插文 6-1 ICES——国际海洋勘探委员会	(66)
插文 6-2 美国陆军工兵部队	(67)
插文 6-3 新英格兰海上采矿环境研究计划	(67)
插文 6-4 纽约海租让研究	(68)
插文 6-5 EPA / COE 疏浚和充填物规范	(69)
插文 6-6 深海采矿环境研究 (DOMES)	(69)
插文 6-7 钻结壳情况研究	(70)
插文 6-8 戈达海岭研究成果	(71)
第七章 收集和管理海洋学资料的联邦计划	(72)
引言	(72)
数据资源的管理	(72)
技术方面	(73)
概念方面	(73)
组织方面	(73)
经济方面	(74)
勘查和海图制作项目	(75)
USGS: GLORIA 计划	(76)
NOAA: 测深图计划	(76)
其它数据的收集计划	(77)
国家海洋和大气管理局	(77)
美国内政部	(83)
国家航空航天局	(85)
美国海军	(86)
州和地方政府	(87)
高等院校实验室和私立实验室	(87)
工业	(87)
测深数据和地球物理数据的密级	(88)
数据密级分类的早期回顾	(90)
OTA 的密级划分专题讨论	(92)
评论和建议	(95)
插文 7-1 专属经济区资料的主要生产者和用户	(96)
附录 A 简称与缩写	(98)

第五章 开采和海上处理技术

引 言

在海底矿床开采中，种种因素影响其经济价值，其中最主要的是矿床的范围和品位，矿床所处的水深，海洋环境特征（风、浪、流、潮以及风暴条件）。海洋矿床包括未固结的沉积物（如滨海砂矿）和固结物质（如富钴铁锰结壳和块状硫化物），它们以不同形式——层状、壳状、结核状、地毯状——存在于不同的水深处。矿床或覆盖于海底表面，或埋藏在覆盖层之下。有些矿床可能固结在无价值的物质上（如富钴结壳），另外一些可能赋存在基岩顶部（如金）或是在海底表面（如锰结核）。由于所处的位置不同，矿床的数量和品位有着明显的差异。

上述可变因素影响选择已知矿床的采矿方式。海上开采，最广泛采用的方法是挖掘。它包括许多种方式，但基本步骤是利用大型的浮动机械（或称挖掘机）从海底挖掘未固结物质，然后提升到海面，卸入贮集舱、输送管道或驳船，挖掘到的无用物质在分离出有价值的矿石后可重新送回海中。长期以来，挖掘方法已用于清除河流、港湾和航道中的淤泥和砂土。一个世纪以前，在新西兰南部，就开始将挖掘方法用来开采河流中的金矿。在海上还没有在水深超过 300 英尺的地方进行过商业性的挖掘，只在水深大于 150 英尺的地方进行了小规模挖掘作业。在世界许多地方，海上挖掘技术通常用来开采锡、钻石、海贝和（含金）砂砾（表 5-1）。

对所有的海底矿床而言，开采中都存在一些共同问题。无论是开采滨海砂矿还是开采富钴的铁锰结壳，设计挖掘方法时都必须考虑到有可能要应付海洋环境条件（风、浪、流、潮和风暴）的影响。另外的问题是特殊的矿床及其位置（如冰区），从而要求设计特殊的采矿技术以便与之相适应。

在海上，由于矿石的处理加工受许多因素的影响，要求设计处理工序时应了解矿石的成分和品位、品种和物质的输送量。矿石的处理在陆地上已有较长的历史。而海上处理技术应用上的差异在于克服船体移动的影响和处理中对海水的利用情况，海上采用的矿石处理技术一般全部是机械化操作，包括脱水、分级和重力分选。海上处理一般是将无用物质从有用的矿石中基本上分选掉。对于砂和砾石、钻石和金，都要求按上述方法处理。在多数情况下，化学处理、冶炼和金属的精选，考虑到它们的难度和耗资，多半在陆地上进行。

在海上处理步骤的选择取决于处理技术能力的经济价值。相对说来，某些处理技术发展较快（例如从滨海砂矿中提取贵金属和重矿物）。而另一些方法由于缺少经济价值，用于商业性选矿是不值得的。

表 5-1 全世界商业性海上采矿作业

位 置	矿 石	水深 (英尺)	开采方法	处 理	采矿 设备数	注
现正在工作:						
泰国, 普吉	锡	100	岸斗式挖掘船	重力分选 / 筛选	2	
印尼, 勿里洞	锡	35-180	岸斗式挖掘船	重力分选 / 筛选	18	
印尼, Palau Tujuh	锡	150	岸斗式挖掘船	重力分选 / 筛选	1	
英国, 北海	砂和砾石	65	耙吸式挖掘船	只需脱水	12	
西南非州 (纳米比亚)	钻石	50-490	气动提升挖掘船	重力分选 / 筛选	5	试验性开采
西南非州	钻石	0-50	下潜抽吸	重力分选 / 筛选	10	试验性开采
阿拉斯加, 诺顿湾, 诺姆	金	35-65	岸斗式挖掘船	重力分选 / 筛选	1	1986 年用 "Bima" 号试 验性开采
冰 岛, 雷克雅维克	海贝	130	耙吸式挖掘船	只需脱水	1	
日 本, Nationwide	砂和砾石		全部技术	只需脱水	500	小设备 (1000 立方米)
巴哈马	碳酸钙	0-35	抽吸式挖掘船	脱 水	1	
不工作或已结束:						
菲律宾	金		挖 斗			
朝 鲜	金		挖 斗			
日 本	铁砂		抓 斗			
泰 国	锡		抽吸式挖掘船			
英 国	锡		抽吸式挖掘船			

挖掘未固结物质

挖掘机是从海底开采未固结物质的标准技术。利用挖掘机致密的物质甚至基岩也可以分离，前提是通过爆破或机械切割方法预先将它们破碎。挖掘机安装在支撑挖掘设备的浮动载体上。采矿挖掘船上还有装卸和 / 或处理矿石的设备。

三项基本的挖掘技术是：铲斗系统、抽吸器、抓斗（表 5-2）。铲斗系统和抽吸器可以连续地开采并将物质提升到海面。抓斗也可将物质提升到海面，但不是连续的方式。

表 5-2 目前通用的海上挖掘技术

类 别	说 明	目前最大的 挖掘深度	能 力
铲斗系统(庖斗):	环绕在挖掘架上的铲斗连续机械地挖掘海底并将挖掘到的物质运到浮动平台上。	164 英尺	目前最大的铲斗约为 1.3 立方码，提升率为每分钟 25 个铲斗（当铲斗满载时为 1,950 立方码 / 小时）。
抽 吸:	利用泵将水和海底物质的混合物抽吸到管道中。	300 英尺	若不将泵放入海水中，抽吸距离会受到限制。
拖曳铣刀的 活底驳船	机动铣刀或高压水力喷射破碎海底物质；连续抽吸，提升到浮动平台上。	50-300 英尺	多种设备都使用一种吸泥泵；泵的最大直径通常为 48"，吸入流量为 130-260 立方码 / 分钟的混合物（含 10-20% 的固体）。
气动提升	在抽吸管道中通过水的喷射产生抽吸。	10,000 英尺	在浅水中气动提升效果不好。当提升大的碎块时，受抽吸管道直径限制。
抓 斗: 反向铲 / 铲斗	机械挖掘，用刚性支架提升到海面。	100 英尺	受一个操作过程持续时间和铲斗大小的限制；常用最大铲斗为 27 立方码。
壳式抓斗 / 拉铲	机械挖掘，用韧性钢缆提升到海面。	3,000 英尺	最大的拉铲铲斗约为 200-260 立方码 / 小时；动力设备及作业时间随深度增加而增加。

大多数现有的采矿挖掘船的设计是在警戒水位内作业。开阔水面的海上采矿，仅仅有为数不多的几个国家利用了挖掘船进行，它们是西南非洲、英国、印度尼西亚和泰国。为在印度尼西亚海上开采锡矿而建造的挖掘船“Bima”号，现在用于阿拉斯加的诺姆海区开采金矿。美国专属经济区（EEZ）有一种小型的特殊采矿设备，已进行了一些可行性研究和试验。

铲斗系统或庖斗挖掘船

铲斗系统或称庖斗挖掘船是由一串重钢质铲斗组成的，它们环绕着一个整体钢架，紧密连结成一环链状（形成一链状锯齿）（图 5-1）。钢架悬挂在浮动平台上。当采矿时，钢架下放直到铲斗可以刮擦挖掘面，将挖掘到的物质提升到平台，然后将矿石卸入处理设备中。

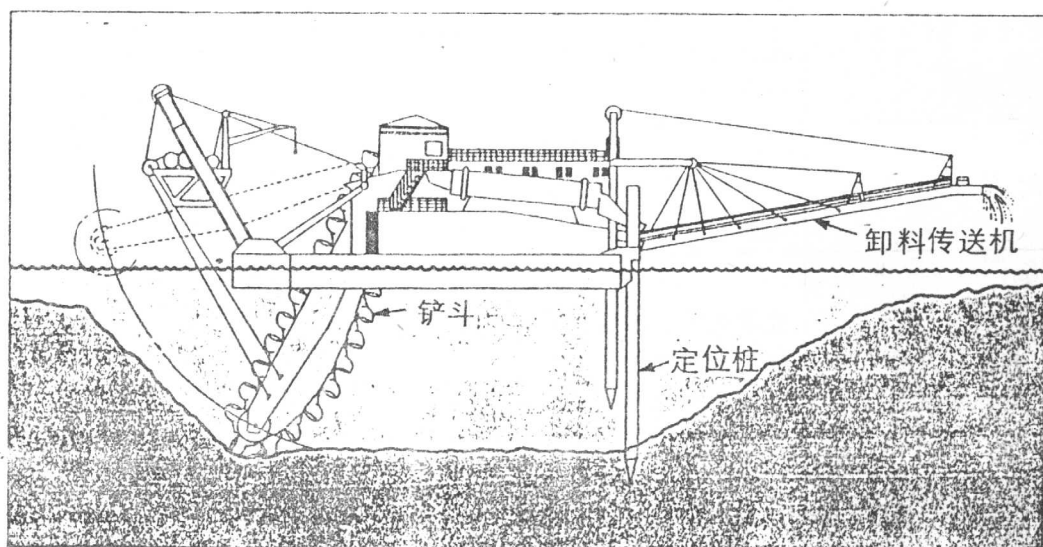


图 5-1 庖斗式采矿挖掘船

在西南非洲开阔海面开采砂锡矿中，庖斗式挖掘船已证明具有广泛的用途。在马来西亚、泰国、巴西、哥伦比亚、塞那里昂、加纳、新西兰和阿拉斯加，庖斗式挖掘机也被广泛用于陆地上开采金、白金、钻石、锡及金红石砂矿。这种技术还是“铲除”基岩的最好方法，尤其重要的是在砂矿沉积中开采重的高单位值矿物，如金和白金。挖掘用的铲斗体积为 1—30 立方英尺，铲斗在海平面下最深可达 164 英尺。

庖斗式挖掘机（包括处理设备）在陆地上的开采费用随挖掘能力（铲斗体积）和挖掘深度而改变。小型庖斗式挖掘机（铲斗为 3 立方英尺），售价约为 150 万美元（不包

括船上设备)。在船体之下,深度为30—40m时,一台挖掘机每月可开采矿石60000—80000立方码。陆地上每月开采100万立方码的大岸斗式挖掘机(铲斗为30立方英尺)的成本可达1千万到2千万美元,成本高低取决于开采深度和其它可变因素。

就每立方码的投资和工作费用而言,大的挖掘机比小的要低(图5-2)。海上的岸斗式挖掘机成本比陆地上的要高,因为它们必须有更高的自持力。建造时必须带有动力设备、燃料、供给和存放开采的矿石。安装挖掘机的船体必须大些、重些,要顶得住风浪波涛和满足海上作业安全规程的要求。1979年,铲斗为30立方英尺的“Bima”号投资约为3300万美元。目前在印度尼西亚离岸20—30n mile、水深为100—165英尺的海区大致保持了10艘岸斗式挖掘船开采锡矿。

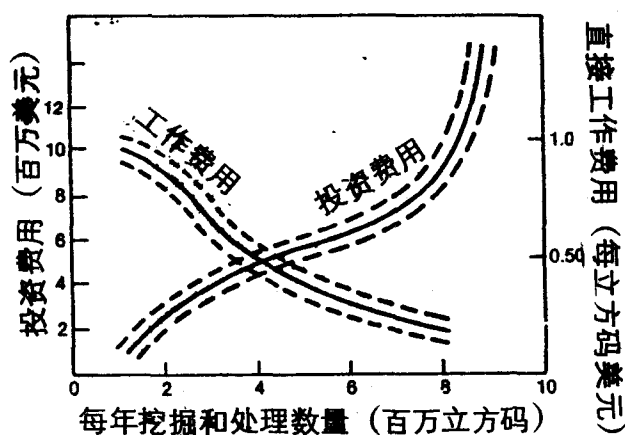


图 5-2 岸斗式挖掘机的投资和工作费用

虽然岸斗式挖掘机应用广泛,但在海上使用仍有限制。在美国专属经济区的许多地方,波涛和涌浪给挖掘作业带来了困难。为保证岸斗架下端始终保持靠近挖掘面,必须安装位移补偿系统。这种系统是大型的液压气缸,作用类似弹簧,当船体在涌浪中起伏、摇晃时,它使岸斗架下端保持在同一位置(图5-3)。挖掘机的缺陷还包括机械部件(如铲斗插销、滚轴和齿轮等)的高磨损率和缺乏灵活性。海上的岸斗式挖掘船不能自航,改变位置时必须拖航。而岸斗架会使长途拖航无法通过波涛汹涌的海面。“Bima”号从印度尼西亚到阿拉斯加,实际上是用下潜式提升驳船运输的。在设计海上挖掘船时,尤其是在波涛汹涌的海面上作业,必须十分注意船只的航性。

就岸斗式挖掘机而言,虽然美国在这方面的能力和专业技术依然保持优势,但目前大部分还是在海外建造。除了在海上的挖掘机上安装位移补偿系统之外,岸斗式挖掘机的技术发展基本上处于稳定,在过去五十年间,其挖掘深度进展不大。随着新材料和高强度钢的利用,目前有可能设计能力为现在挖掘深度(330英尺)两倍的岸斗式挖掘机,但其投资和工作费用将大大地增加。

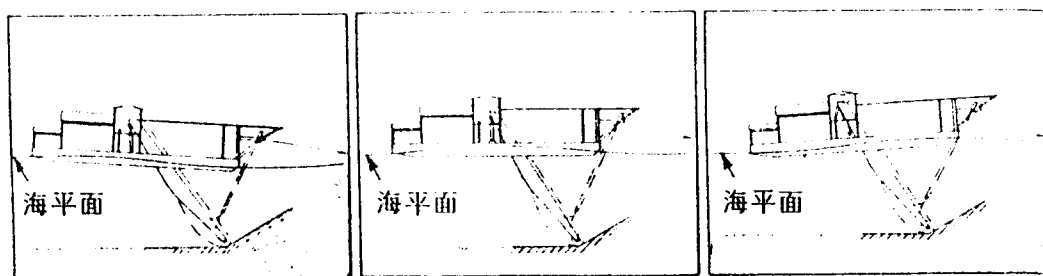


图 5-3 岸斗式挖掘机的位移补偿

抽吸式挖掘船

抽吸式挖掘船有三个基本部分：抽吸装置、抽吸管道、以及可移动的平台和船只（图 5-4）。抽吸装置是一台机械泵或空气压缩机。在抽吸式挖掘船上一般常采用的是机械泵，机械泵在抽吸管道中产生压力差，抽吸头抽吸到附近海水和物质的混合物，通过抽吸管道到达机械泵，然后在泵的推动下进入卸料管道直至出口处。

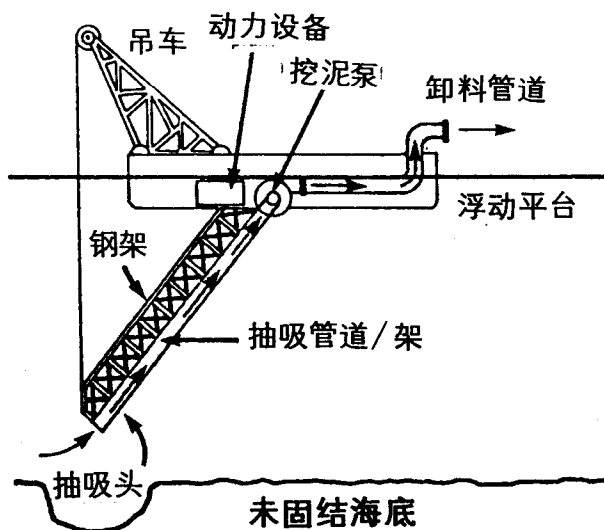


图 5-4 抽吸式挖掘船的组成

挖泥泵的技术性能比较先进，而且具有专门的用途。其主要性能是功率大，耐磨，而且效率高。为了适应所挖掘的大量物质，最大的挖泥泵吸入口径已达到 48 英寸，泵的转子直径达到 12 英寸。这些部件要用大型铸钢制作，它们价值昂贵，且工艺复杂。固体物质（如石英砂和砾石）和水以 10—20 英尺/秒的流速通过挖泥泵和抽吸管道，因此，会给它们造成磨损。

各类泵产生抽吸作用是由于抽吸管道中压力低于大气压。现有的机械泵技术仅能达到 80% 的真空度。这种局限意味着挖泥泵不可能将纯海水提升到海平面以上 25 英尺的高度。这个提升高度对于海水和固体物质的混合物而言可能较低，它随混合物中固体物质的数量而变化。为了提高效果，可将挖泥泵放在船体的水线以下，尽可能接近海底。这种方式的费用十分昂贵，因为挖泥泵离电源很远，而且泵的马达要潜没在水中。大功率泵的部件都很重。有一个深水挖掘作业的可行性办法，即将几个泵串联起来，用水力喷射加速管道中混合物的流动。这种方法虽已经试验和证实，但因效果不好尚未广为应用。

抽吸头结构的重要作用是使固体物质和水的混合物顺利地进入抽吸管道。旋动式机械切割刀、斗轮和水力喷射根据其特殊的作用破碎较硬的物质，增加抽吸头的作用。如果挖掘的物质不均匀，例如砂和砾石，抽吸管入口会限制外来物（如：大砾石）进入抽吸管道。抽吸和卸料系统存在的主要问题是，由于腐蚀、磨损和金属的疲劳而限制了它们使用的长期性。

当从一个开采位置转移到另一个位置时，支撑挖掘机的平台或船只应有可能提升和移动抽吸头。因为大多数可挖掘的物质在水下分布面积广阔（相对厚度而言），挖掘机必须有大面积的“扫描”能力。虽然已试验性地建造了海底支撑的挖掘机，但目前仍是依靠平台（通常是船只）来完成上述任务。

目前在美国专属经济区常用的抽吸式挖掘机主要是：耙吸式、切割头式和斗轮式。

耙吸式挖掘船

这种挖掘船可在海上自航，装备有特殊的贮集舱以存贮挖掘到的物质（图 5-5）。它使用两台挖泥泵作业，泵与拖曳臂和抽吸头连接。当挖掘船向前移动时，从海底抽吸到的物质经拖曳臂进入贮集舱。也可选用抛锚的方式挖掘海底物质。

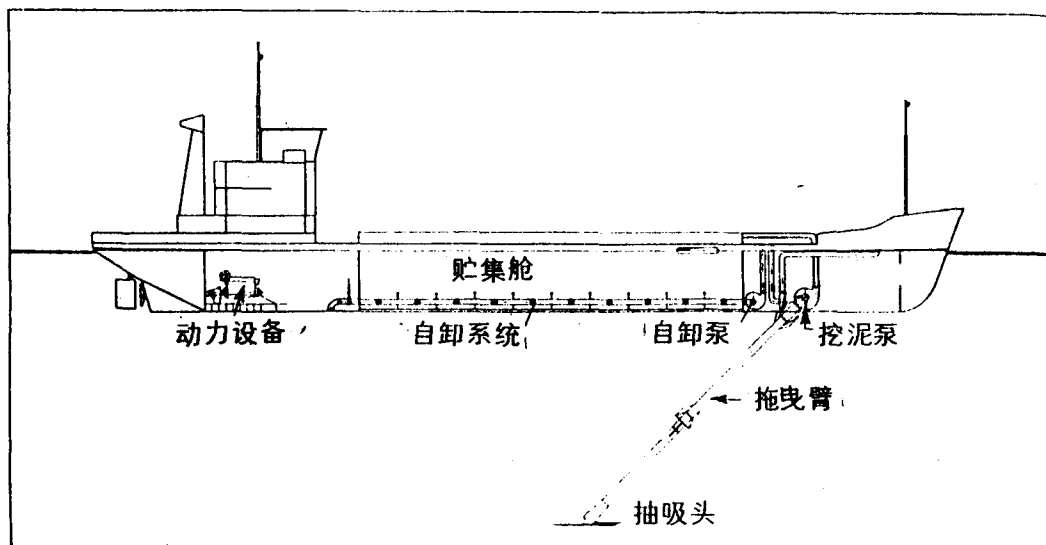


图 5-5 耙吸式挖掘船

耙吸式挖掘船主要用来清除和维护航道及港口的通道，和用来补充枯竭海滩上的砂。在英国和日本，这种挖掘船也被用来开采海上的砂和砾石。耙吸式挖掘船还可以处理未固结的、自由流动的物质。尽管有些抽吸头装备有高压水力喷射以疏松海底物质，但抽吸头一般是被动式的。拖曳臂通常装有位移补偿装置和万向接头，这种设备使得拖曳臂在开采时不受船的位移影响，从而使抽吸头与海底保持恒定的接触。

挖掘到的物质经过脱水进入贮集舱以便运输。耙吸式挖掘船可通过底舱、传送带或排出泵卸掉挖掘的物质。有些挖掘船是利用可动的、沿轴向铰接的两边船壳进行卸料。

适于远航的、常用的耙吸式挖掘船的容积范围为 650—33000 立方码。在设计挖掘船的容积时要注意到两个方面的问题：一是贮集舱容积较大，则投资费用较高；而另一方面若贮集舱较小，船的运输往返次数增多势必引起较高的工作费用。因此，目前此类船的最大容积设计采用了以上两点的折衷办法。

这种挖掘船的工作水深一般在 35—100 英尺之间，现有技术能力可达到的最大工作水深为 260 英尺。按照这种挖掘船目前的规格和容积计算，其投资费用为 500 万至 5000 万美元。

耙吸式挖掘船除了在北海和日本被用来开采砂和砾石之外，尚未广泛地用于开采其它矿石。然而，这种挖掘船适于在海上进行重矿物的筛选，可卸弃残渣和废水，对于任何一种分布广、薄、疏松、有经济价值、水深为 165 英尺的重矿物固结矿床而言，它很可能是一种有意义的开采手段。

一种静止不动的抽吸式挖掘船（原理上类同于锚定）已经设计成功，并用于开采红海的金属泥。它虽然尚未被商业性采用，但是它已经能在水深 7200 英尺处采掘金属泥。

切割头抽吸式挖掘船

机械驱动切割装置安装在挖掘机的入口附近以破碎致密的物质，例如粘土、粘土似的砂或砾石。两种主要类型是切割头和斗轮。

切割头挖掘机装备了特殊的切割刀（图 5-6），它安装在抽吸管道的端部。在挖掘船被侧向缆绳牵引而移动时，切割头缓慢地向海底物质旋进。在浅水区作业时，这种挖掘机一般靠提升和摆动它的定位桩行进。

切割头挖掘船广泛用于内河航道的土木工程和开采。在美国（佛罗里达）、澳大利亚（昆士兰）和南非（里查德兹地）等地，这种挖掘机被用来开采古河滩和砂丘的重矿物（如钛铁矿、金红石、锆石）。经切割头破碎的矿石通过一个韧性管道，泵入漂浮在挖掘机后面几百英尺的一个湿法选矿装置。这种用于内陆湖泊维护性质的普通型挖掘机，不适用于海洋环境开阔水面的开采，因为后者存在风、浪、流的影响。

大型的、能自动推进的切割头抽吸式挖掘船已建造好。在波涛汹涌的海面上，当它不能作业时，可利用气压的力量将切割头抽吸支架提升上来，由于与海底脱离，它可以安然度过风暴。走航式切割头挖掘船用于采矿时，要求有位移补偿装置和简易处理设备，还要求增加贮料舱或辅助驳船。

切割头抽吸式挖掘机的投资取决于其规格和结构。如走航式、自带动力的挖掘船的投资与耙吸式挖掘船相类似，高达 5000 万美元。切割头挖掘机的能力随挖泥泵的大小而变化，泵的直径范围为 6—48 英寸，对应开采的固体容积为每小时 100—4000 立方码。

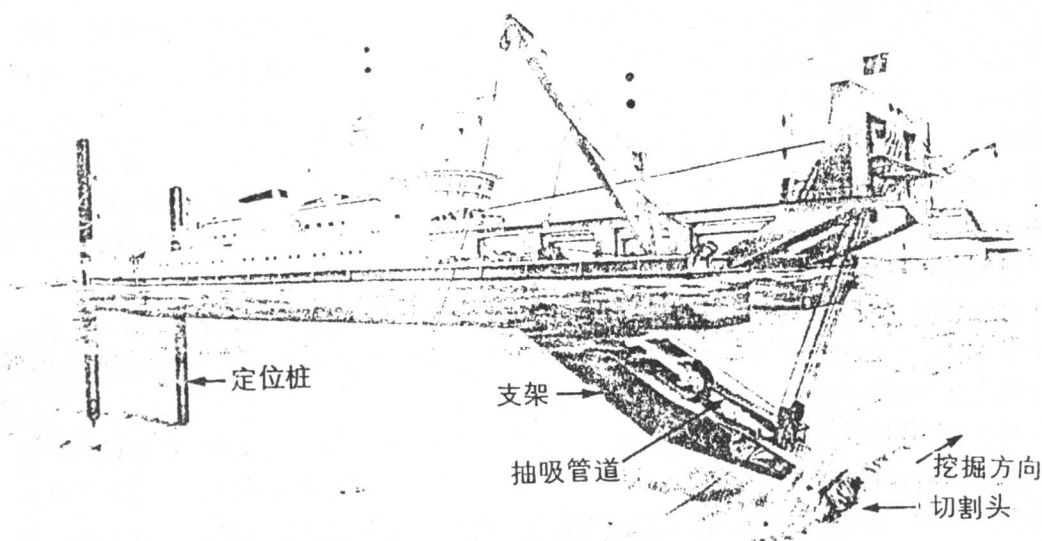


图 5-6 切割头抽吸式挖掘船

和耙吸式挖掘船相同，尽管技术上的改进可以达到较大的开采深度，但由于受挖泥泵的限制，切割头挖掘船设计的有效作业水深仅为 35—260 英尺。由于用来开采重矿物的效果不佳，这种挖掘船不用于清除基岩以便发现砂矿中的金和其它致密矿物。

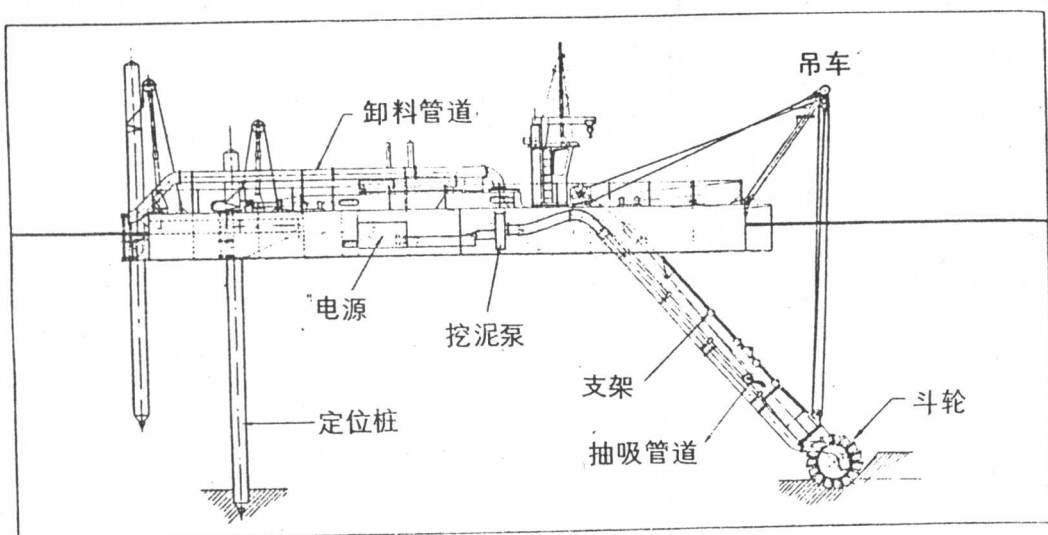


图 5-7 斗轮抽吸式挖掘船

斗轮抽吸式挖掘船

这种挖掘船是切割头挖掘船的变种，主要差别是装有铲斗的旋转轮代替了切割头，用来切割挖掘面，类似于屏斗式挖掘。这些铲斗是无底的，可直接将挖掘到的物质送入

抽吸管道。

相对说来，斗轮式挖掘机是一种新产品，已被初步用于风平浪静的内河水域，如巴西用来采锡，美国用来开采砂和砾石，南非用来开采重矿物。虽然斗轮式挖掘机在专属经济区尚未应用，但作为特殊用途它有潜力在海上开采重矿物。设计海上挖掘船时，应考虑到位移补偿和灵活性。这类挖掘机在开采富含粘土的物质时效果不大，这些物质会将铲斗塞满。当挖掘遇到巨砾时，抽吸管道的入口可能被阻塞。斗轮式挖掘机相对于切割头式而言，它更适合于开采重矿物，因为它可避免在采掘中海底重矿物的损失。

空气提升挖掘船

这种挖掘机是将压缩空气充入抽吸管道，代替挖泥泵的机械作用（图 5-8），在入口处产生抽吸，使固体向上输送。这种挖掘机已用于打捞工作多年，在过去 25 年间，还被用于西南非洲滨海开采含钻石的砾石。

虽然空气提升挖掘技术还没有达到先进水平和广泛地利用，但与其它挖掘机的结构是类似的。对这种挖掘机中有关水、空气和固体的混合物的流动物理性质已经做了许多调查研究工作，因此，这种方法最有潜力挖掘大洋中的磷灰石或锰结核。一般来说，在海上开采矿物，空气提升挖掘机的工作水深为 300—16000 英尺。抽吸和传送的控制可参照石油工业技术予以解决，平台在持续海浪中移动的问题可采用石油工业中位移补偿系统来解决，海底物质的破碎，可以在抽吸入口处用高压水喷射或用液压驱动的机械切割机来完成。

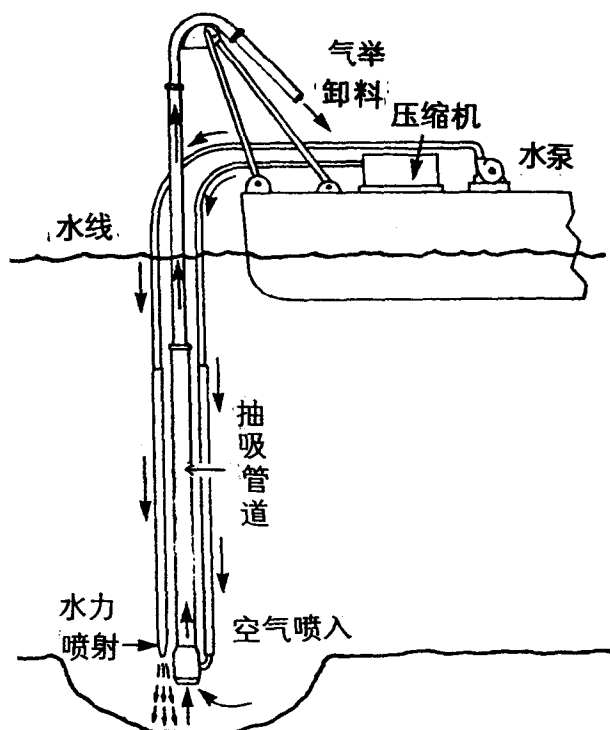


图 5-8 空气提升抽吸式挖掘船结构

抓斗式挖掘机

抓斗式挖掘是从海底切割或抓取一定限量物质的机械动作，并将装满抓取物质的抓斗提升到海面。抓斗式挖掘机的工作步骤是：下沉、抓取、提升、卸出、然后再下沉。蛤壳式、拉铲式、铲斗式、反铲式挖掘机均属抓斗式挖掘机（图 5-9）。蛤壳式、拉铲

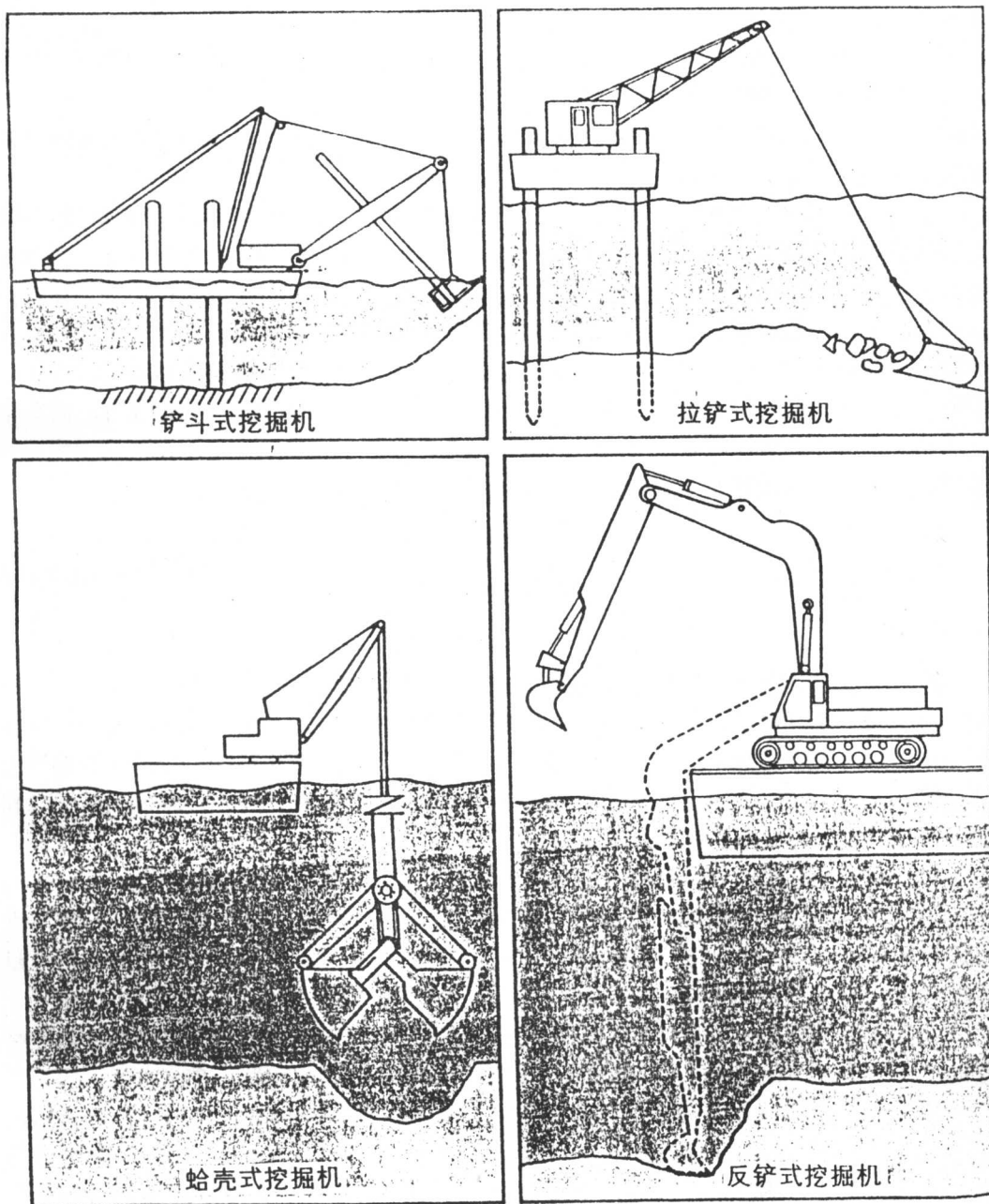


图 5-9 抓斗式挖掘船种类

式抓斗广泛用于挖掘砾石或挖掘经爆破破碎的块状岩石碎块，以及清除煤或其它层状矿床的覆盖层。蛤壳式和拉铲式抓斗的下沉和提升是利用韧性钢缆进行的。蛤壳式抓斗的变种已用于泰国普吉港湾的锡矿开采和日本 Ariake 海湾的铁砂开采。六十年代后期，环球海洋有限公司 (Global Marine, Inc.) 使用蛤壳式抓斗对阿拉斯加诺姆附近水深 1000 英尺处的含金物质进行了试验性开采。拉铲式挖掘机的变种早在 19 世纪后期就用于开采深海底物质。

为控制钢缆和铲斗，挖掘机备有绞车装置，与用来从地下深部矿井吊取矿石（如在南非从地表之下 12000 英尺处吊取金矿）的常规技术相类似。蛤壳式挖掘机最重要的技术问题是，当浮动平台工作时，应能进行位移补偿。这项技术已经推出并得到验证，从而能有效地用于海上开采作业。

铲斗式和反铲式挖掘机用于陆地，也可以把它们安置在浮船上应用于近海浅水区。尤其是反铲式挖掘机很适合于在受环境保护的浅水区开采。在陆架区进行商业性质的开采，反铲式所具有的最大能力为 30 英尺水深，铲斗容积为 3 立方码，这对于环境保护区开采金矿或砂锡矿是适合的。安装在移动平台上的反铲式挖掘机还可以用于浅碎波区的挖掘。反铲式挖掘机采矿受水深、能力小的限制，并且操作人员不能够看见铲斗在水下的作业情况。铲斗式挖掘机在陆地广泛用于开采层状矿床（如煤和铝土矿），而其单一的动作限制了在近海浅水区的应用。当用抓斗式、铲斗式或反铲式挖掘机挖掘物质后通过水体提升，物质将被冲刷减少，这个问题在开采中不尽令人满意。

挖掘技术的新方向和趋势

海上采矿挖掘技术可分为两种类型。一类是在海岸附近、受环境保护的浅水区的开采，另一类是在离岸较远，受风、海流和海浪影响的深水区的开采。浅水环境下的挖掘系统，可以比较容易地将陆地上常用的挖掘机加以利用。而深水环境下使用的挖掘机应具有特殊性能，它们必须有自身的动力设备，有位移补偿系统，有经得起风浪的平台和船上处理设备，以及有贮存矿石的能力。

对大陆架上任何一种未固结的矿床和环境而言，近海挖掘开采系统的设计和结构是合理的，不需要较多的新技术。但在某些环境下，它们的工作可能受到限制，如季节性波浪和风暴的影响。在近海开采中，挖掘机的设计、建造和其本身设备的所有费用是最主要的约束因素。

为帮助解决海上挖掘的问题，提出了几个新设计方案。在海上，平台漂浮移动常给挖掘带来困难，现有三种不同于前面述及的方法以解决这样的问题。在浅水区，研究了一种稳定方法，这项方案已经设计和建造，称谓八腿式“边移动边挖掘自行升高平台” (Walking and dredging self-elevating platform—WADSEP)，用来支撑切割头抽吸式挖掘系统（图 5-10）。通过一次提起和移动一条腿，平台便可缓慢地沿海底爬行。因为平台依靠八条腿牢牢地接触海底，可以减少在开阔海面工作时汹涌浪涛带来的影响。挖掘支架和切割头在平台的一侧工作时，另一侧则由锚链固定。这种自行提升平