

海洋地質參考資料

大洋錳結核專輯

海洋地質調查局綜合研究隊

一九七六年七月

毛主席语录

世上无难事，只要肯登攀。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

古人、外国人的东西也要研究，拒绝研究是错误的，但一定要用批判的眼光去研究，做到古为今用，外为中用。

编者前言

世界各国领海和管辖权范围以外的海床洋底，蕴藏着极其丰富的矿产资源，锰结核就是其中最具有经济远景的一种。

在第三届世界海洋法会议上，围绕国际海域深海矿产资源的开发和利用，特别是关于成立有关的国际管理机构的问题，广大第三世界国家对苏美两个超级大国的海洋霸权主义展开了针锋相对的斗争。我国政府历来主张，在各国领海和管辖权范围以外的海洋及其海底资源，原则上为世界各国人民所共有。关于其使用及开发等问题，应由包括沿海国和内陆国在内的各国共同商量解决，而决不容许一两个超级大国操纵和垄断。

关于锰结核的资料，近年来国外的报导连篇累牍，纷至沓来。我国虽然目前尚未正式进行这方面的调查研究，但为了配合国际海洋斗争形势的发展和今后独立自主地开展有关工作的需要，我们根据各种来源综合整理和选译了一些资料，汇编成本专辑，旨在介绍当前世界上深海锰结核勘探和开发的形势、锰结核的赋存状况、勘探方法和设备，以及深海矿业的经济意义等，供有关方面参考。

由于译文原作者的资产阶级立场，他们所提供的资料必定有许多片面和不真实的成份，有些观点甚至为海洋霸权主义张目，具有相当的反动性，希同志们本着“洋为中用”的精神，以“怀疑地批判的头脑”（恩格斯《自然辩证法》）来参阅和分析这些资料。

此外，由于我们初次接触这方面的材料，思想水平和业务水平都不敷需要，在选题和编译过程中难免有诸多不当之处乃至谬误，愿与同志们商榷，欢迎批评指正。

目 录

国际海域锰结核的勘探与开发现状.....	(1)
铁锰结核矿床的地理分布.....	(8)
决定海洋锰结核变异性的地质和地球化学因素.....	(34)
锰结核的勘探方法和问题.....	(38)
中太平洋锰结核赋存状况的调查.....	(49)
中太平洋盆地东部锰结核矿床的调查.....	(57)
大洋底锰结核矿床的潜在经济价值.....	(69)
开发海底矿物资源的经济影响.....	(76)

国际海域锰结核的勘探与开发现状

(综述评)

十多年以前，广泛分布于世界各大洋底的锰结核，虽然已作为一种潜在的矿物资源而引起了人们的注意，但由于技术设备条件的限制，当时普遍认为其实际开发乃是不可行的。然而，从本世纪七十年代开始，随着海洋矿物资源调查、勘探和开发技术的迅速发展，以及第三世界原料生产国和一些资本主义工业国，特别是美苏两霸斗争的激化，世界上一些国家和地区出现了一股调查和勘探大洋底锰结核的风潮。尤其是那些一向把本国工业的高度发展建筑在对第三世界国家资源的掠夺和剥削基础上的第一、第二世界国家，近几年来活动更是日趋频繁，它们不顾广大第三世界国家的利益，擅自非法地大肆在国际海域中勘探锰结核，妄图单方面进行开发。现将我们最近收集、掌握的一些情况，简要整理如下：

(一)

当前，从事国际海域锰结核调查和勘探最活跃的国家是美国、日本和西德，其次为法国、加拿大等。这些国家有的金属资源奇缺，几乎完全依赖进口，如日本(见表1)，有的虽然可

表 1 日本对几种非铁金属进口的依赖情况

	铜	镍	锰(矿石)	钴
1973 年需要量	114.9万吨	12.4万吨	164.4万吨	0.4万吨
进口依赖程度	80%	100%	94%	94%

以部分自给，但由于资本主义工业畸形膨胀，对金属资源需求的年增长率很高，进口量势必逐年急剧上升，如美国。根据美国商务部矿业局的估计，美国从1972年到1978年对镍、铜、钴、锰的需求年增长率就分别高达3.4%、4.2%、1.5%和1.9%。因此，它们的共同点就是对金属资源保证程度的前景忧心忡忡，惶恐不安，纷纷把目光转向海洋，特别是急于在富含镍、铜、钴、锰等几十种金属的锰结核的开发和利用上找出路，以图摆脱困境。例如，美国内务部大洋资源局就曾乐观地估计过，深海资源的开发(主要指锰结核)将会大大减少美国今后对进口金属的依赖性(见表2)。

最近，由于在世界海洋法会议上，广大第三世界国家在深海矿产资源开发问题上对美苏两霸进行了激烈的斗争，美国国务卿基辛格竟然在1975年十一月美国律师协会的一次年会上宣

表 2 美国大洋采矿业减少对进口金属依赖的情况估计

	镍	铜	钴	锰
美国1978年需求量	19.8万吨	276.5万吨	0.71万吨	229.5万吨
美国1978年大洋矿产量*	8.8万吨	7万吨	1.55万吨	25万吨
1978年美国大洋矿业产量和需求量之比	44.2%	2.5%	281%	10.9%
1978年美国大洋矿业产量和进口量之比	47.8%	36.1%	283%	13.6%

* 估计的推算根据是预计届时有三家公司每年处理700万吨干结核，平均品位为锰25%、镍1.25%、铜1%、钴0.22%。

称“美国自己的深海采矿事业已经不能再延宕了”，并在一些场合公然施加压力说：“如果今年（指1976年——编注）内仍达不成协议，美国在深海采矿问题上将自行其是”，同时他还提出了一系列所谓“提议”，企图限制拟议中的国际管理局的权力，竭力维护海洋霸权主义国家的既得权益，充分暴露了超级大国坚持海洋霸权主义立场的嘴脸。

(二)

根据多年来调查的结果，目前认为太平洋海底的结核蕴藏量最为丰富，金属含量也最高，其中尤以北纬 $6^{\circ}30' \sim 20^{\circ}$ ，西经 $110^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 之间面积约为600万平方公里的北太平洋海底地带最引人注目，该地带结核分布密度平均达每平方米10公斤以上，铜镍金属含量总和大于百分之三。近年来锰结核的调查与勘探活动大部集中于此。几个主要国家最近的一些情况分述于后。

美 国

从1962年起，美国有四家公司从事锰结核的调查与勘探，它们是：深海探险公司（坦尼科公司的子公司），肯尼柯特铜公司，大洋资源公司和萨玛公司（属垄断巨头霍华德·休斯所有）。这些公司多年来一直致力于锰结核的区域性的调查活动，重点在夏威夷群岛和美国本土之间的海域。根据各方面资料来看，该海区的概查阶段已经完成，进入了详查细测阶段。至1974年2月，这些公司的投资总额已达1.8亿美元，据美国国家海洋和大气局副局长H. W. 波洛克估计，到1978年总投资额将增至8.8亿美元，1981年可高达30亿美元，届时将有一个或几个公司或联合集团开始大规模商业性生产。

1974年7月18日～8月10日，美国夏威夷大学执行国家科学基金会的“大学间铁锰研究计划”，用“莫那·威夫号”调查船对火奴鲁鲁和圣迭戈之间的太平洋底进行了“Mn-74-01”调查，研究该区富铜镍结核的成因、生长和分布，航程3677浬，测站11个，作了沉积物和结核取样，以及间距为1～2浬的测深调查。

1974年11月15日，“深海探险公司”向美国国务院正式提出开发夏威夷东南海底锰结核的申请，并详细报告了该处的资源情况，要求政府提供外交上的保护和投资上的保险。该公司在那里还擅自划定了一块矿区，座标为北纬 $14^{\circ}16' \sim 15^{\circ}44'$ ，西经 $124^{\circ}20' \sim 127^{\circ}46'$ ，

距美国西海岸的洛杉矶西南约 1300 哩，离最近岛屿 540 哩。矿区面积约为 60000 平方公里（正式投产时，面积缩小 50%），呈长方形。水深 2300~5000 米。该矿区的调查早从 1962 年即已开始，1964 年划为远景区，1969 年正式确认为工业性矿区，转入勘探评价阶段，直至 1974 年 11 月，先后投资 2000 万美元。预定 1981 年开始商业性生产（见表 3）。估计初始年

表 3 美国深海探险公司的锰结核开发计划

时 间	1962(?)~1974	1975~1977	1978~1980	1981~
阶 段	调查阶段	开发与评价阶段	矿区建设阶段	商业性开采阶段
任 务	1) 圈定矿点 2) 测定结核成分 3) 考验采矿系统 4) 试验性处理 5) 鉴定产品 6) 估计经济性	1) 申请矿区和矿区施工 2) 用采矿机械进行成吨捞取 3) 在试验工厂里生产成吨金属 4) 销售试验性产品 5) 重新审核投资和盈利计划	1) 完成采矿设施 2) 建设采矿和运输系统 3) 建设处理工厂 4) 谈判销售协议	1) 采矿和运输系统投入运转 2) 进一步勘探富矿床 3) 扩大采矿和处理系统 4) 盈利

产 135 万吨（湿重），可回收金属铜 9150 吨（相当于美国 1972 年进口量 9%），镍 11300 吨（相当美国 1972 年进口量 71%），钴 2150 吨（相当美国 1972 年进口量 92%）和锰 253000 吨（相当美国 1972 年进口量 93%）。据称，今后还可视市场情况而将年产量增至 400 万吨。同时介入该矿区开发的还有若干日本和比利时公司（见下文）。

此外，美国休斯-萨玛公司的 36000 吨大型深海采矿船“休斯·格洛玛·勘探者号”和水下开采站已经下水，在夏威夷一带活动，从活动规模来看，已进入试验阶段。

1975 年 9 月，美国国家海洋和大气局成立了海洋矿物资源办公室，负责计划、协调、实施海洋硬矿物开发工作，并对内政部海洋石油和矿物资源咨询委员会起参谋作用，反映出美国在这方面的政府干预管理有所加强。

日 本

日本从六十年代起开始锰结核的调查活动。起初使用气象观测船进行一些小规模的取样，1968 年开始用东海大学的“东海二世丸”调查船在水深 1400 米处试验海上自卫队军官益田善雄首创的“连续庖斗链系统”（简称“CLB 系统”）。

从 1969 年起，日本着手在太平洋执行《深海矿物资源勘探基础研究计划》，并由海上保安厅和通产省工业技术院地质调查所和资源公害研究所调查太平洋的海底地形与地质，试验深海水下照相机与声纳浮标等装置。1971~1973 年，日本东海大学等单位对冲绳海槽、马里亚纳海岭和伊豆-小笠原海岭一带海区的深海锰结核进行了多次调查（见表 4）。

1974 年 9 月 21 日至 12 月 20 日，日本地质调查所又派出新建的专用调查船“白岭丸”对冲绳以东海域和中太平洋盆地东部进行了为期约 100 天的锰结核调查，重点在莱恩群岛西北北纬 6°~10°30'，西经 160°30'~171°30' 的一片 25 万平方公里的海区。该处水深 5000~5400 米，结核密度为每平方米 5~26 公斤，平均粒径 2~4 厘米，最大达 10 厘米。据报导，

表 4 1971~1973 年日本的深海矿物资源调查活动

日 期	天 数	使用 船 只	调 查 范 围	测点数
1971. 3. 1~ 3.31	31	“东海二世丸”	马利亚纳海岭, 九州帛琉海岭, 冲绳海槽一带	12
1971.11.22~12.25	34	“东海二世丸”	伊豆-小笠原海岭一带的 西太平洋盆地	18
1972.11.11~12.11	31	“望星丸”	西北太平洋(5°~25°N, 140°~160°E)	18
1973.11. 7~12. 8	33	“望星丸”	西北太平洋(10°~20°N, 160°~170°E)	19

这次调查发现了两处面积分别为 120×20 (~40) 和 20×20 哩的结核富集区。一九七五年, «白岭丸» 又在七四年调查区的西邻海域 (北纬 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$, 西经 $170^{\circ} \sim 175^{\circ}$) 进行了调查。一九七六年一月至三月, «白岭丸» 再次出航, 进行 GH76-1 航次的调查, 这次调查是七五年工作的延续, 据称已查明工区锰结核的分布和底质、地形等情况, 并与一九七四年的调查结果作了对比。

1973 年日本成立了以国际贸易和工业省为首, 由 30 家公司组成的“深海矿物资源开发协会”。1974 年该协会发展了一种高速勘探系统并受到政府在财政上的资助。一九七六年四月, 日本政府为了支持日本企业参加国际联合勘探锰结核, 开始实行锰结核贷款制度 (基金三亿日元), 日本产业界为此受到“鼓舞”, 有关人士发表评论说“政府终于开始真正鼓起干劲来了”。

最近, 日本通商产业省矿业审议会提出了日本 1976 年度的矿业政策, 开列了四点“优先政策”, 其中之一就是“开发深海底资源, 包括锰结核等”, 反映了日本在开发锰结核, 解决金属原料问题上的迫切心情。同时, “深海矿物资源开发协会” 也对 1976 年度政府预算提出了一系列补助要求, 准备建造专用调查船, 发展高速电视系统和深海底质调查装置等, 总投资达 43 亿日元左右。

西 德

西德于 1972 年成立了由西德金属协会、普鲁萨克公司、萨尔茨吉特集团和莱茵褐煤企业组成的“海洋矿物原料开发公团”, 同年开始了对太平洋锰结核的调查和勘探。1972~1974 年, 该组织在联邦研究和技术部的资助下, 用调查船“法尔迪维亚号”进行“锰结核 1 号”计划, 在夏威夷东南的太平洋海域进行了 8 次调查, 调查面积达 $100 \sim 200$ 万平方公里。从 1972 年 8~12 月到 1973 年 3~7 月为踏勘、概查阶段, 航程 24380 哩, 地球物理调查测线共 12160 哩 (测深, 地震反射), 取样 692 次, 并进行了广泛的海底照相。1974 年又选择了东太平洋克拉里翁断裂带和克利帕顿断裂带之间的一个海区进行了反复的地震反射调查, 重点研究深海沉积物和海底地质构造与锰结核产状的关系, 并就这一海区进行了范围由大到小的详查和细测 (调查区面积 48 万平方哩 $\rightarrow$ 详查区 9.6 万平方哩 $\rightarrow$ 勘探区 4.8 万平方哩), 并对矿区的核心部分 1.2 万平方哩进行了经济评价, 最后在一片 3.43 万平方公里的范围内探明了 4000~8000 万吨的结核储量, 金属含量为锰 1000~2000 万吨, 镍 50~100 万吨, 铜 40~80 万吨, 钴 8~16 万吨。

此外，西德还积极插手参与其它国家和地区的锰结核调查勘探，提供人员和装备。

苏 联

苏联对深海锰结核的调查从五十年代即已开始，但发展相当缓慢。1958年“国际地球物理年”期间苏曾对太平洋的锰结核做过一些工作，并编绘发表了最早的关于太平洋锰结核分布情况的图件。近年来活动情况甚少报导，但国外报刊杂志普遍推测说，“苏联在大洋采矿问题上别有用心，另有打算”。

(三)

近年来，国际锰结核调查和勘探活动的一个重要趋势是向资本主义工业国合伙经营的“多国集团”发展。据报导，从1965年以来，已出现了八个专门从事深海探矿和采矿的国际性集团，其中，从1974到1975年就新成立了三个最大的、官民合营、成分复杂的“多国集团”。

1) 1974年1月1日，以美国肯尼柯特铜公司为首组成了一个包括四个国家的五家公司的国际性锰结核开发集团——“深海矿业协会”。其它成员为英国的里奥廷托锌公司、联营金田公司和日本的三菱公司（日本“深海矿物资源开发协会”成员）以及加拿大的诺兰达矿业公司。据称，该财团已详细查明和研究了位于中太平洋东北部，夏威夷和美国之间的几个富集锰结核的矿点（矿石品位：锰25~30%，镍0.8~1.6%，铜0.7~1.5%），从1974年起五年内投资5000万美元，分两个阶段调查勘探开发，第一阶段1974年1月~1975年6月，第二阶段1975年7月~1978年12月。现已结束第一阶段，进入详查阶段。作业公司为肯尼柯特公司的子公司即肯尼柯特勘探公司，拟用水力提升式装置进行开采，目前已完成该装置在5000米水深中的海上试验。预计1980~1981年正式投产，年产结核300万吨（干重），从中提炼镍、铜和钴，而暂不提炼锰。

2) 1974年5月，以美国“坦尼科公司”的子公司“深海探险公司”为首又组成了一个包括三个国家六家公司的新的锰结核开发集团——“海洋矿业协会”，其它成员为美国钢铁公司，比利时的联合矿业公司，日本的日绵实业公司，伊藤忠商社和兼松江商等公司（这几家日本公司于1974年10月合并成“日本锰结核开发公司”，1976年又因与美国“深海探险公司”发生矛盾而退出了“海洋矿业协会”）。该集团确定从1974年8月起的三年为第一作业阶段，投资2200万美元，采用“深海探险公司”的采矿系统在太平洋进行调查和试验性开采（该采矿系统已在大西洋的布莱克海台试验成功，今后目标为太平洋的5000米水深海底，估计年产100万吨）。同年11月，“深海探险公司”代表该集团出面向美国国务院提出了对太平洋约6万平方公里矿区的开发申请（详见上文“美国”部分），并拟从所采结核中提炼四种主要的金属——锰、镍、铜、钴。

3) 1975年2月，由西德“海洋矿物原料开发公团”、“茵柯集团”（由加拿大“国际镍公司”和一些美国企业组成）、“日本深海矿业公司”（1974年由以住友公司为主体的23家日本公司组成，又称“第三财团”）和美国的“萨玛公司”组成了一个新的锰结核开发国际性集团——“海洋经营公团”，1976年又加入了美国主要的海洋钻井公司——“赛德柯公司”。该集团确

定 1975~1978 年为开发的第一阶段,即研究和发展阶段,投资 3300 万美元,重点研究气举、水力提升和连续庠斗链三种开采装置并进行成果总结评价。预计到 1979 年中,年产可达 100 万吨结核(干重),1980 年正式投产。

上述锰结核开发垄断集团相继成立以后,关系十分复杂,互相监视对方动态,保密技术和资料,彼此倾轧,竞争相当激烈。

除大型国际集团外,还有一些小规模的国际间合作项目,如从 1968 年到 1975 年,法国国家海洋开发中心和镍业协会与日本海外贸易和工业省和住友公司合作,在太平洋法属社会群岛的塔希提岛以北进行了多次的连续庠斗链系统试验。1970~1971 年,西德金属协会 4 次参加了由美国“深海探险公司”主持的太平洋锰结核调查。1973 年 12 月 17 日至 1974 年 1 月 23 日,以西德为主,有法国和英国参加,完成了一项调查印度洋锰结核的“横贯印度洋”计划。1974 年 5 月,新西兰海洋研究所在美国和西德参与下,对新西兰和库克群岛之间的西南太平洋盆地进行了一次锰结核调查(剖面间距 40~100 哩),结果在 70 个站位中的 29 个上发现丰富的结核,初步查明了该区的远景。同年,西德还与法国签订了合作勘探开发锰结核的协定,并交流有关科学技术人员和情报资料等等。

此外,由美国国家科学基金会主办,有 40 多个国家参加的“国际海洋勘探十年”计划(1968~1978)也将国际海域的锰结核调查列为其“海床评价”的重要项目之一,共包括 20 个内容,每年投资 30 万美元,由美国拉蒙特-多尔蒂地质观测站负责协调并承担其中 10 个内容,主要研究:1) 锰结核的建造化学(包括生长速率、产状、年代等);2) 锰结核经济性开采前须解决的技术问题;3) 锰结核开采对环境的影响;4) 海底采矿的主权问题。

1972 年由美国拉蒙特-多尔蒂地质观测站主持在夏威夷召开的锰结核讨论会,1974 年由美国石油地质学家协会和联合国“亚洲近海地区矿物资源联合勘探协调委员会”在火奴鲁鲁联合举行的“环太平洋能源会议”均表现了对太平洋地区锰结核开发问题的极大兴趣。

(四)

为了勘探深海锰结核,历年来世界各国发展了一系列的专门调查技术和装备。根据目前使用情况来看,这些方法和仪器已渐趋完善、定型,能够有效地应用于各种水深中开展锰结核的定量和定性调查(见表 5)。

此外,为了进一步提高效率和质量,正在研制一些新的装备。如日本和西德正在联合研究制造一种特殊的声纳装置,扫描宽度为 200~300 米,大大超过目前水下电视系统的视域(5~8 米),可用以观测锰结核的分布密度,并还在研究一种新的声-光扫描法。国外还普遍重视一种使用伽玛探头对海底矿物(特别是含多种金属的锰结核)的金属含量进行调查的“原地探测法”,原型试验已获初步成功。

1974 年美国“海德尔产品公司”试制了一种新的综合性深海调查系统“DSS-125”,并在西德的“法尔迪维亚号”上首次使用成功,该系统可在 5600 米水深中连续工作 80 小时,一次调查 100 哩的地区。

锰结核的开采设备据统计有十几种方案,但目前仍以美国的水力提升开采系统和日本的连续庠斗链系统为主,尤以连续庠斗链系统呼声最高。1972 年由十八家公司组成了连续庠斗

表 5 锰 结 核 勘 探 方 法 和 设 备

方 法	设 备	应 用 范 围
定 位	卫星定位, 劳兰 C	海上定位
测 深	12KHz精密测深仪和3.5KHz精密测深仪	海底地形和表层沉积厚度
地 震	气枪反射地震剖面仪	沉积层和地质构造
取 样	有缆取样器 盒式取样器(无缆) 拖网, 挖斗 蚌式抓斗	海底表层沉积物样品, 岩样 取未经扰动的表层沉积物和结核, 定量研究结核 的密度和产状
取 芯	活塞取芯器和重力取芯管	表层沉积物的垂直层序和锰结核垂直分布情况
光 学	深海电视机和海底单次照相机	观察海底结核的分布
重 磁	质子旋进磁力仪和船舷重力仪	作为辅助手段了解一般地质构造

链系统的试验小组,后来又发展成“国际连续庠斗链系统辛迪加”,在配置上由单船发展到双船系统。估计到1980年将有10台开采装置正式投入作业,每年年产可达100万吨以上。

综上所述,目前国际海域锰结核的调查与勘探活动具有以下几个特点:1)当前锰结核的勘探活动主要集中于北太平洋地区,特别以 $6^{\circ}30' \sim 20^{\circ}N$, $110^{\circ} \sim 180^{\circ}W$ 一带最为频繁;2)勘探开发锰结核比较活跃的国家是美、日、西德等第一、二世界的资本主义国家;3)锰结核的勘探开发活动近年来更多地趋向于国际性的联合开发,出现了一批由各国垄断资本纠集起来的“多国集团”;4)锰结核的勘探活动从1974年起出现了一个高潮,在太平洋部分海域已达到详查、细测阶段。勘探和开采设备经过多年的研究发展已日臻完善,正式开发已经在即。估计从1980年左右起将开始大规模的结核金属生产。

鉴于当前在国际海域矿产资源开发问题上第三世界对苏美两霸的斗争十分激烈,事关重大,世界各大洋,特别是太平洋地区国家管辖范围以外的海床洋底锰结核的勘探和开发动向值得我们密切予以注意。

海洋地质调查局情报资料室综合整理

铁锰结核矿床的地理分布

〔美〕 J. S. 皮尔逊

在世界大洋中的分布及金属含量

早在一百年前，在“挑战者”号的深海考察过程中便已确知洋底普遍存在着铁锰结核和结壳。此后曾发表过几百篇关于这种矿床的报告，并将这些资料编绘成图(图1)。

铁锰矿床主要有两类，每一类均反映了沉积场所的条件。结壳物质发育于直接暴露于洋流并由于洋流作用而一般沉积物难以积聚的海底高地上。在这里，洋流构成了持续的金属供给源，由其供给的金属不断覆加在暴露的表面上从而形成了铁锰结壳。另一类即为结核，形成于沉积作用极其微弱的深部。在这些深水区，铁锰元素绕核(火山的、生物的、冰川的和结核的碎屑等)沉淀，到一定时候，由于同心层的不断增加便形成了结核建造。

综合已发表的和尚未发表的对洋底铁锰矿床样品的化学分析，发现世界上仅有为数不多的几个地区的结核含铜和镍的量较高，足以使其成为一种潜在的金属资源。

北大西洋、南大西洋及印度洋铁锰矿床的金属含量(铜、镍、锰和钴)大大低于经济开发所要求的最小值。

太平洋的情况就有利得多，北太平洋更是令人振奋。在南太平洋，结核含镍量高于1%，但秘鲁盆地、马克萨斯群岛和土阿莫土海底高原以东的深水区，以及西南太平洋盆地的结核含铜量较低。这些地区较低的铜镍含量值使它们难以成为有希望的矿场。

只有在北太平洋，化学分析一致指出这里结核的铜镍含量值均大于1%，因此，这里的结核便成为大洋采矿业的直接目标。有经济意义的矿床位于赤道以北，在北纬 $6^{\circ}30'$ 和北纬 20° 之间，由西经 110° 延伸至西经 180° 的一广阔地带内。最大铜镍含量值则发现于北纬 8° 至北纬 $10^{\circ}30'$ ，西经 $131^{\circ}30'$ 至西经 145° 一带(图2~9)。

北太平洋

作为开采结核的远景矿区，北太平洋是很令人鼓舞的。资料表明，在从中美洲岸外的深水区起，横贯太平洋，直达马里亚纳海沟靠海一侧的东西向条带内，锰结核呈高度富集。该地带的北界和南界分别为北纬 20° 和北纬 $6^{\circ}30'$ 。

在该地区的西半部，由于存在大量巨大的海山链而结核较贫乏。海山链为沉积物在当地的供给源，这里相对较高的沉积速率阻碍着结核的发育。但结核大量出于海山间盆地的最深部。资料表明，在赤道太平洋厚层生物沉积分布地区的正北，结核极为丰富。

结核的分布显然与广阔的红粘土沉积区的南部边缘有关，这种沉积物覆盖着北太平洋盆地的大部分地区。该地区主要的地形形态为覆盖着极细粒沉积物的起伏的深海丘陵。水与沉积物界面处的矿床的某些特点是：

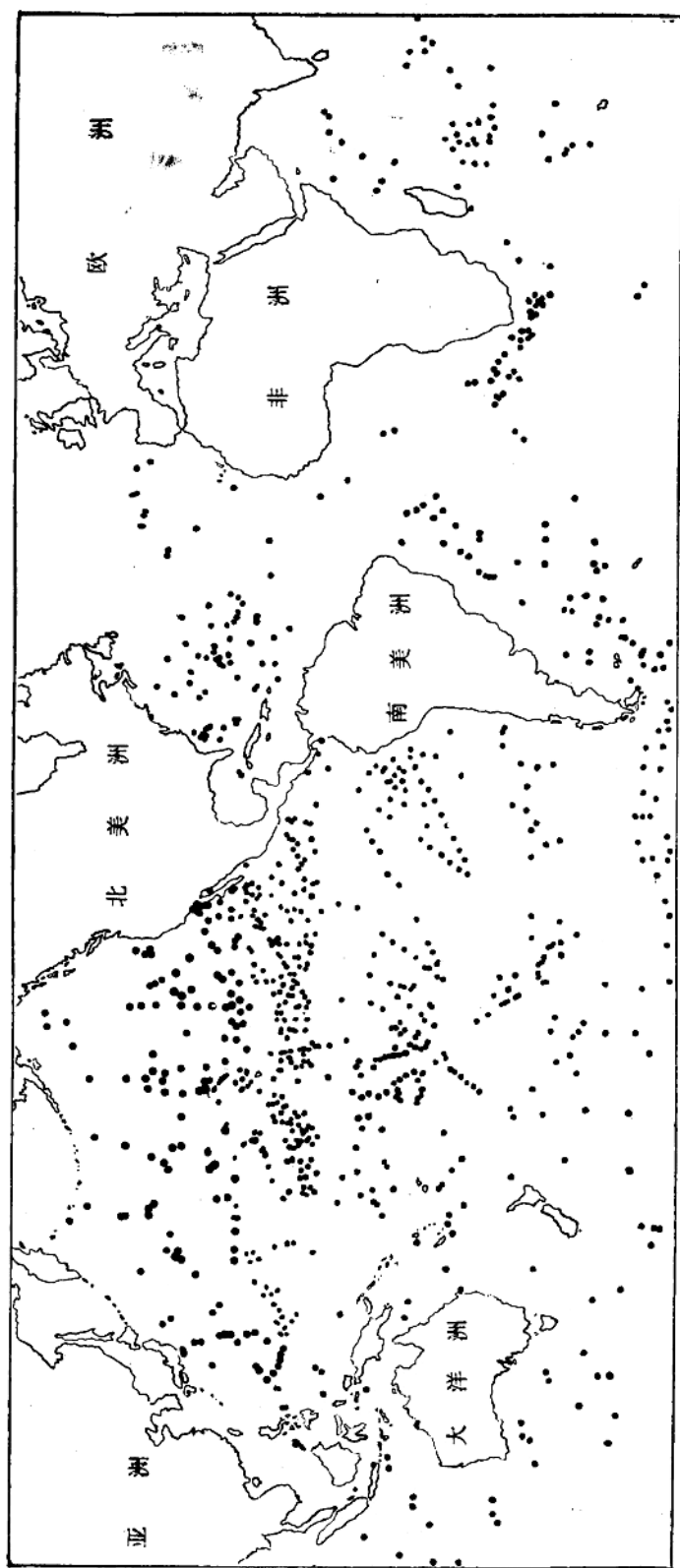


图 1 世界大洋中锰结核的分布

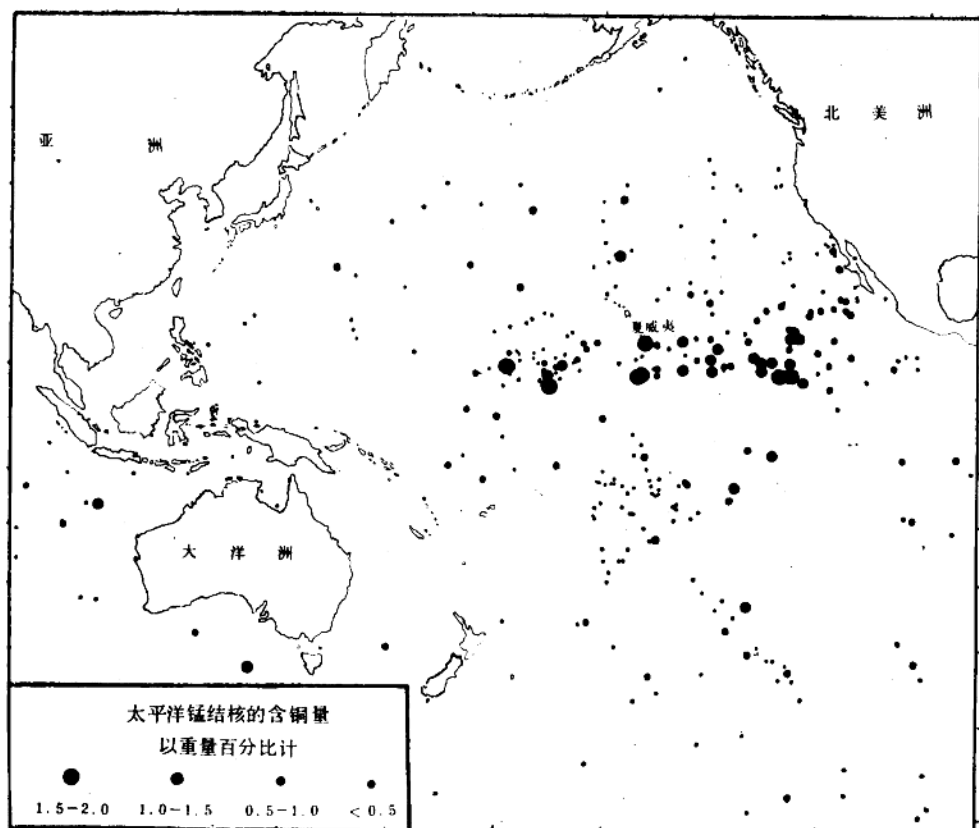


图 2 太平洋铁锰结核矿床的含铜量

平均粒度范围为 0.86 至 1.73 微米(平均 1.08 微米);
 孔隙度为 70~90%(平均 80%);
 含水量以干重计为 95.21~334.64%(平均 176.86%);
 湿密度为 1.18~1.48 克/毫升(平均 1.33 克/毫升);
 空隙率为 2.41~9.72(平均 4.63)。

结核发现于 3,206 米至 5,997 米(平均 4,853 米)的深度上。这里, 沉积物的沉积速率极低, 每 4 年不到 1 毫米至 3 毫米。砂或粒砂级的火山物质, 或以玄武岩玻璃, 或以其蚀变物的形式, 充当了锰沉淀的主要核心。

在北纬 20° 以北, 结核有所减少。这部分可能是现有的取芯资料较少所致。但更可能是略为增高的沉积速率造成的。在极深水处的红粘土沉积区, 因为已越出了生物及陆源沉积物的影响范围, 似为结核的生长提供了必要的条件。在北太平洋, 结核的最高富集发现于北纬 20° 至北纬 6°30' 之间。

北太平洋系世界上最大的沉积盆地。它很少接受陆源沉积物。陆源碎屑在盆地边缘即被拦挡, 也没有大洋中脊系统可充当沉积物的主要供给源。因此, 如上所述, 在北太平洋盆

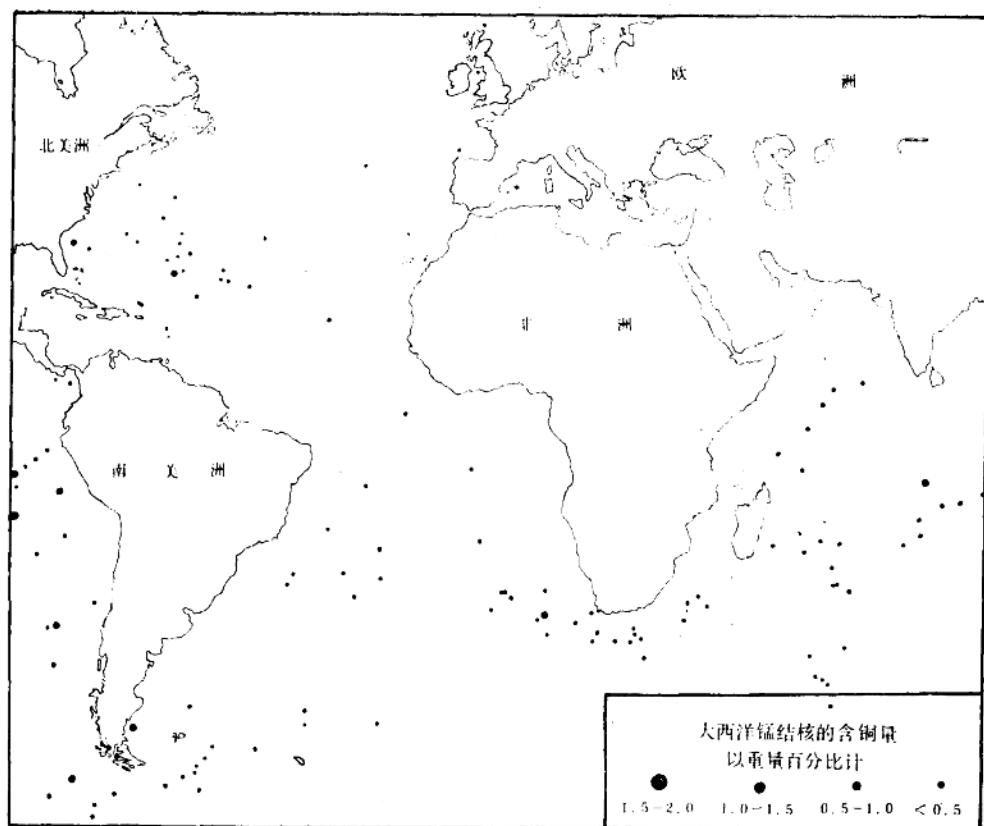


图 3 大西洋铁锰结核矿床的含铜量

地的大部分地区沉积速率极低。是铁锰结核矿床广泛兴旺发育的场所。

铁锰结核矿床的分布与红粘土和硅质软泥的低沉积速率(前者每千年低于1~3毫米,后者每千年3.5毫米)成函数关系。根据现有资料判断,在世界大洋中,北太平洋的结核分布密度最高,而其中绝大多数产出于上述北纬 $6^{\circ}30'$ 和北纬 20° 之间的东西向条带内。

北太平洋不同于大西洋和印度洋的是,来自大陆的碎屑在大洋周缘的次级盆地内便被捕留,而且北太平洋中没有巨大的大洋中脊系统可供碳酸盐沉积物积聚并在毗邻深水中重新沉积。不能将皇帝海山链及夏威夷海脊与大西洋中脊一类地质形态等同看待。因此,在北太平洋的广大地区内,沉积速率是极其缓慢的,而结核的发育是普遍的。

根据铁锰结核在世界的分布资料,结核在北太平洋深水区的产出率要比在世界任何其它地区的都更高,其分布也更广泛。挖取法和取芯作业再次证实在北纬 $6^{\circ}30'$ 和北纬 20° 之间,从中美洲岸外起,由西经 110° 至西经 180° ,矿床最为普遍。

对赋存于北太平洋红粘土内的铁锰沉积的分析研究揭示了其内镍的平均含量值为0.76%,铜为0.49%,锰为18.2%,钴为0.25%。红粘土以南的硅质放射虫软泥和粘土带内所赋存的结核有价值金属的含量较高。平均镍为1.28%,铜为1.16%,锰为24.6%,钴为

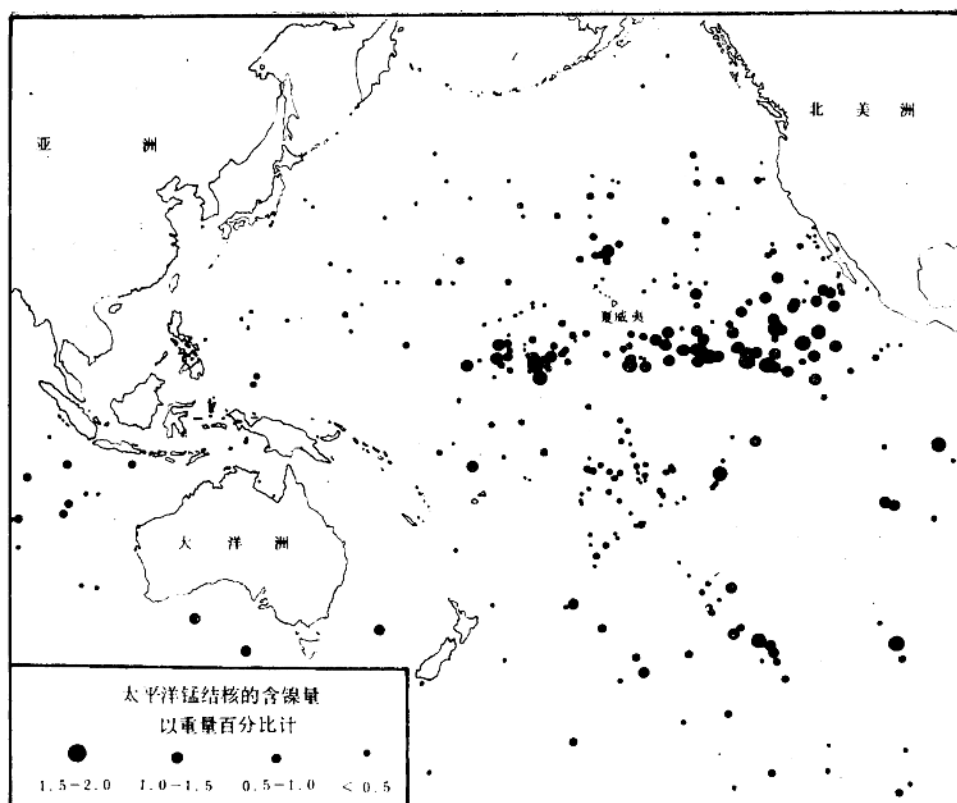


图 4 太平洋铁锰结核矿床的含镍量

0.23%。硅质软泥内的结核铜和镍的含量值几乎高二倍，使得大洋采矿者们对它们尤感兴趣。这是在世界大洋铁锰矿床中所能测定到的铜和镍的最高含量值。硅质软泥内的结核所含的锰通常也比红粘土区的结核所含的高约 6%。

钴的含量值不同于镍、铜和锰，其在两种深水沉积物区内的含量基本相等。红粘土区和硅质软泥区的结核钴的含量值比较低，但位于诸如夏威夷群岛、内克尔海脊和约翰斯敦岛这样的海底高地上的矿床却较为富钴。分析表明红粘土内的结核含钴 0.25%，硅质软泥内的含钴 0.23%，但在与夏威夷群岛有关或直接就是夏威夷群岛的一部分的海山及其周围海山上，钴的平均含量却一跃而达 0.79%。

南太平洋

南太平洋的取芯密度只有北太平洋的一半。从 550 枚岩芯来看，在南纬 10° 和南纬 19°，西经 134° 和西经 162° 之间有一结核产出率较高的地区。该矩形地区包括马尼希基海底高原、社会群岛、塔希堤岛和土阿莫土群岛。在该整个地区，结核产出于海山间盆地的边翼和深处。

伴生沉积物系海底斜坡上的碳酸盐碎屑物质及毗邻海渊中的红粘土。如结核大量产出于

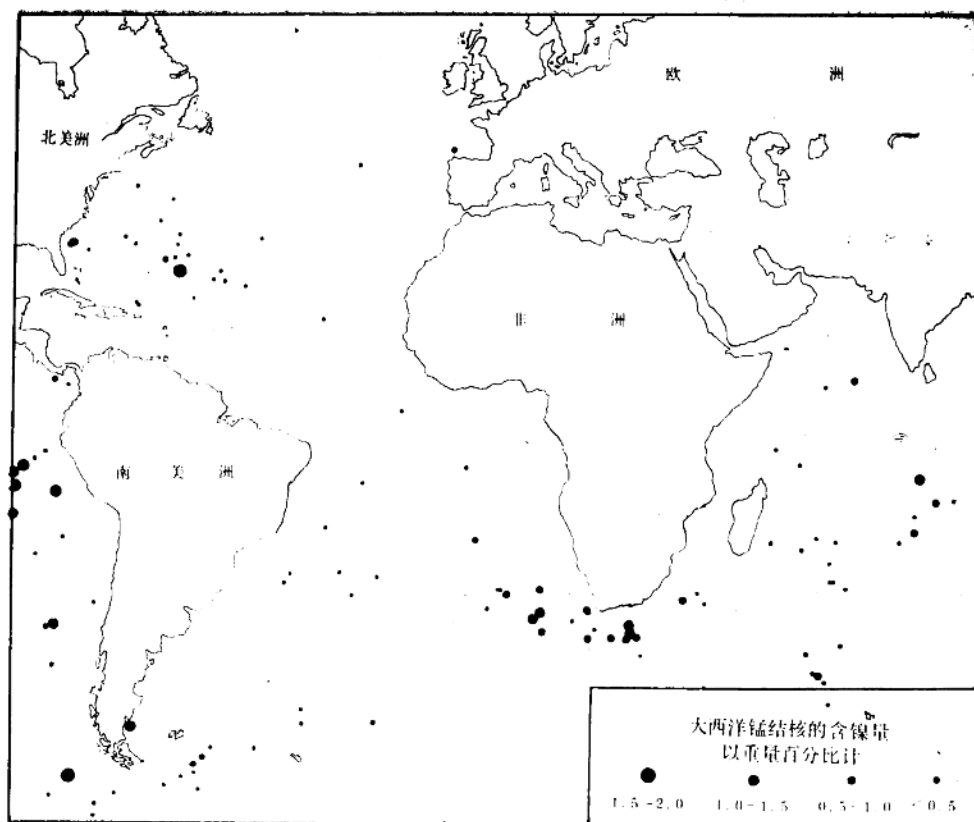


图 5 大西洋铁锰结核矿床的含镍量

马尼希基海底高原的东侧，这里，在水深 3,500 米处分布着碳酸盐砂、粉砂和粘土，而在其毗邻的水深 4,500 至 5,000 米处则聚积着红粘土沉积。

再向南，在南纬 40° 和南纬 60° 间，结核通常发现于岩芯的顶部。在太平洋东隆的西侧和新西兰向大洋一侧的广阔的海底高原之间的深海丘陵的深部，结核最为普遍。结核通常与西南太平洋盆地内缓慢积聚的红粘土相伴生。

虽然在南太平洋至少有两个大型的结核产区，但产区与潜在市场间的漫长距离，以及由此而来的后勤上的问题，却给经济地开发这些铁锰矿床造成了严重的障碍。

南太平洋的格局同于北太平洋。但从这里回收的铁锰结核样品较少，对该区域的沉积物了解的也较少。在海底高原、海脊和海山上（如南太平洋北-中部）普遍发现有结核和结壳。而在马尼希基海底高原一带，莱恩群岛、库克群岛和社会群岛一带，以及在土阿莫土群岛地区，结核和结壳的产出率最高。结核也产出于太平洋东隆侧翼的深水中，并散布于南纬 40° 以南的整个冰川漂砾区。

南太平洋所接受的陆源沉积物极少，大大少于其它大洋。据文献报导，结核矿床赋存于褐色粘土内。从所获资料来看，大多数铁锰结核分布于上述地点，即在海底高地，如莱恩群岛海域、马尼希基海底高原、库克群岛海域、社会群岛海域和土阿莫土海底高原之上。