

CC区多金属结核分布特征 及其与地质地理环境因素之间的关系*

潘国富 华祖根

(国家海洋局第二海洋研究所, 杭州 310012)

提要 根据1987, 1988, 1990年在东北赤道太平洋CC区(134°—157°W)的3个航次多金属结核调查资料的统计分析, 结果表明, CC区自西向东, 从北向南, 多金属结核丰度、覆盖率、形态、粒径和化学组分等具明显的区域性分布规律。但在这一区域性分布背景上, 结核的局部分布很复杂。区中海水的生物生产力、区域地质构造与火山活动、南极底层水(流)、水深、海底地形、海底沉积特征等地质地理环境因素的区域性规律也很明显, 并直接控制了本区多金属结核的区域性分布。地形、底层流、沉积速率等的局部变化是结核分布局部变化的主要控制因素, 由于这些因素的复杂多变, 也造成了结核局部分布的复杂化。

关键词 CC区 多金属结核分布 地质地理环境因素

东北赤道太平洋CC区位于克拉里昂(Clarion)断裂带与克里帕顿(Clipperton)断裂带之间, 是世界大洋中多金属结核矿产开发最有远景的区域。目前对该区地质地理环境、多金属结核分布等方面资料已有丰富的积累, 在多金属结核分布规律及影响因素的研究上也已取得了很大进展(Piper et al., 1982; Mckelvery, 1986; Halbach et al., 1988; Stackelberg et al., 1991; Skorniyakova et al., 1992)。但综观前人的工作, 根据大面积系统调查资料来较全面地探讨CC区内多金属结核分布区域性变化及其影响因素的研究则相对较欠缺。为此, 本文试图根据国家海洋局“七·五”期间在CC区3个航次的调查资料, 研究这一地区的多金属结核区域分布规律、局部变化特征、地质地理环境因素及其变化趋势, 以及这些环境因素对结核分布的控制。这对于较客观地评价远景矿区资源, 深入研究多金属结核成因都是非常重要的。

1 研究方法

根据CC区1987, 1988, 1990年在东北赤道太平洋CC区(134°—157°W)由向红16号调查船所进行的3个航次调查资料的统计分析, 研究多金属结核丰度、覆盖率、化学组分、矿物成分、结核形状、表面特征与粒径分布等区域性分布与局部变化, 以及多金属结核这些特征之间的关系。同时, 根据实测与收集到的资料, 分析本区的地质地理环境因素的分布特征及变化趋势, 并通过统计分析, 研究其对本区多金属结核分布的

* 国家海洋局太平洋多金属结核资源调查项目, 国海外字(84)582号。潘国富, 男, 出生于1962年9月, 高级工程师。

收稿日期: 1994年10月20日, 接受日期: 1995年11月16日。

控制作用。

2 研究结果

2.1 多金属结核分布特征

2.1.1 结核丰度、覆盖率分布 表1是研究区(图1)内多金属结核丰度、覆盖率、化学组分变化范围的分区统计,全区共布置取样站位638个,共取样724个。根据相关分析,本区的多金属结核丰度、覆盖率之间有很高的相关性,相关系数达0.934,因此丰度、覆盖率的分布特征基本相似。由于结核粒径变化的影响,局部地区二者之间会有一些差异。从表1可见,区内由西到东,从A区到B、C区及D区,结核丰度、覆盖率依次递减。全区638个测站平均丰度为 5.69kg/m^2 ,其中进行覆盖率测量的445个站,平均覆盖率为26.6%。A、B、C、D4个区(图1)中分布又各有特点。

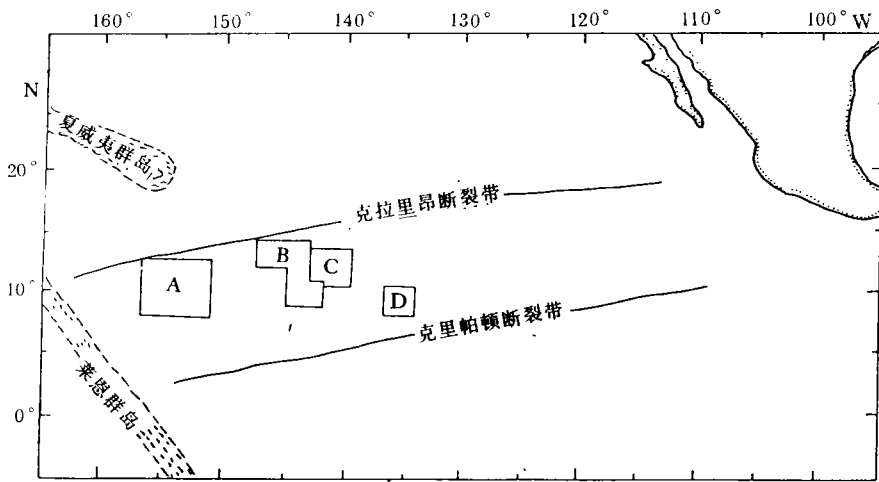


图1 研究区域位置图

Fig.1 Location of study area

A区在4个区中平均丰度和覆盖率最高,分别为 8.05kg/m^2 和35.3%,最高丰度达 27.75kg/m^2 ,最高覆盖率近100%。区内结核丰度、覆盖率分布较均匀,且稳定。由西向东,丰度、覆盖率呈逐渐降低趋势。

B区结核平均丰度、覆盖率比A、C区皆低,分别为 4.18kg/m^2 和20.5%。该区结核丰度、覆盖率极不均匀,不均匀性属4区中最大。

C区结核平均丰度、覆盖率比B区略高,分别为 4.28kg/m^2 和21.5%,仅次于A区。本区结核丰度、覆盖率的不均匀性比A区大但比B区小得多。

D区基本上是结核贫乏区,绝大部分地区丰度小于 5kg/m^2 。全区平均丰度仅为 1.48kg/m^2 ,覆盖率为6.3%,属4区中最小。

2.1.2 结核化学组分 这里主要讨论Fe、Mn、Cu、Co、Ni等金属含量(%)。根据相关分析,结核的Fe、Co含量和丰度之间, Mn、Cu、Ni之间有较强的正相关。Fe与Cu,

表 1 结核丰度、覆盖率、化学组分变化范围

Tab.1 Variation range of nodule abundance, coverage and chemical composition

项 目	A 区		B 区		C 区		D 区		总 计	
	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围	平均	范围
丰度 ²⁾ (kg/m ²)	8.05	0—27.75	4.18	0—25.0	4.28	0—20.4	1.48	0—10.5	5.69	0—27.75
覆盖率 ²⁾ (%)	35.3	0—100.0	20.5	0—94.0	21.5	0—70.0	6.3	0—37.0	26.6	0—100.0
Fe (%)	9.76	2.61—13.7	6.23	2.19—11.83	5.54	3.7—11.4	/	/	7.76	2.19—13.7
Mn (%)	23.61	13.98—29.28	25.34	13.31—31.26	25.07	14.54—31.25	/	/	24.38	13.31—31.26
Cu (%)	0.75	0.23—1.63	0.91	0.39—1.44	1.03	0.45—1.47	1.11	0.78—1.3	0.86	0.23—1.63
Co (%)	0.25	0.12—0.43	0.22	0.14—0.37	0.21	0.11—0.34	0.22	0.16—0.3	0.23	0.11—0.43
Ni (%)	0.95	0.43—1.73	1.07	0.5—1.58	1.22	0.71—1.5	1.25	0.93—1.53	1.04	0.43—1.73
Cu+Ni (%)	1.70	0.73—3.36	1.99	0.92—2.86	2.25	1.16—2.82	2.36	1.8—2.71	1.90	0.73—3.36
Cu+Co+Ni (%)	1.95	1.04—3.6	2.21	1.22—3.06	2.46	1.36—3.03	2.58	1.99—2.91	2.14	1.04—3.6
Mn/Fe	2.68	1.61—8.42	5.14	1.82—13.19	4.81	2.0—8.09	/	/	3.88	1.61—13.19

1) 样数为参加平均的取样个数; 2) 丰度、覆盖率按取样站位数平均; 表 3 同。

Ni 之间, Cu 与 Co 间均有负相关性。另外, 值得注意的是, 丰度与品位 (Cu+Co+Ni) 间虽有负相关性, 但相关系数仅为 -0.246。

表 2 不同结核形状、表面特征的统计

Tab.2 Statistics of nodule external shapes and surface textures

项 目	A 区		B 区		C 区		D 区		合 计	
	取样 个数	百分比 (%)	取样 个数	百分比 (%)	取样 个数	百分比 (%)	取样 个数	百分比 (%)	取样 个数	百分比 (%)
球 状	23	8.1	37	22.3	36	27.5	6	11.5	102	16.1
椭球状	44	15.5	46	27.7	26	19.8	15	28.9	131	20.7
扁状(圆盘状)	81	28.6	27	16.3	34	26.0	23	44.2	165	26.1
连生状	52	18.4	18	10.8	8	6.1	1	1.9	79	12.5
板 状	5	1.8	6	3.6	2	1.5	1	1.9	14	2.2
碎屑状	73	25.8	20	12.0	20	15.3	3	5.8	116	18.4
杨梅状	5	1.8	12	7.3	5	3.8	3	5.8	25	4.0
合 计	283	100	166	100	131	100	52	100	632	100
结核表面特征										
s	69	24.4	34	20.5	16	12.2	2	3.9	121	19.1
r	129	45.6	84	50.6	78	59.5	36	69.2	327	51.8
s+r	85	30.0	48	28.9	37	28.3	14	26.9	184	29.1
合 计	283	100	166	100	131	100	52	100	632	100

总的说, 调查区内结核化学组分区域性变化明显, 且有规律 (表 1): 由西向东, 从 A 区到 B, C, D 区, Fe 依次降低, 而 Cu, Ni, Cu+Ni, Cu+Co+Ni 则依次递增; 仅 Mn, Mn/Fe 在 B 区比 C 区略高, Co 在 D 区略有回升。但在这区域性变化背景上, 局部变化却非常复杂, 且各具特点。

2.1.3 结核表面特征与形状 区中多金属结核表面特征可归为 3 大类型, 即光滑型 (s)、粗糙型 (r) 与光滑+粗糙型 (s+r), 它们在海底的产状也各不相同, 分别以暴露、埋藏与半埋藏为主。不同表面特征结核在区内呈有规律的区域性分布 (表 2): 由西往东, 从 A 区到 B, C, D 区, s 型结核所占比例明显下降, r 型所占比例则显著上升, 而 s+r 型所占比例呈微弱下降趋势, 从 30.0% 降至 26.9%。但是无论是 A 区, 还是 B, C, D 区, r 型所占比例都明显高于 s+r 型, s+r 型又明显高于 s 型。因此总体上说, 调查区结核表面特征以 r, s+r 型为主, 全区取到结核的 632 个取样结果统计表明, r 型占 51.8%, s+r 型为 29.1%, s 型仅为 19.1%。

CC 区结核的表面特征与化学组分间具强相关性 (表 3): r 型结核以钡镁锰矿为主, 富 Mn, Cu, Ni, 贫 Fe, Co; s 型结核富含 δMn^{2+} , 高 Fe, Co, 低 Mn, Cu, Ni; s+r 型结核则一般上部主要为 δMnO_2 , 下部主要是钡镁锰矿, Fe, Mn, Cu, Co, Ni 等含量介于 s 型与 r 型之间。Mn/Fe 值的分布清楚说明 s 型是水成因 (Mn/Fe < 2.5), r 型是成

岩成因 ($Mn/Fe > 4.0$), s+r型是水成-成岩成因 ($2.5 < Mn/Fe < 4.0$) (Skornyakova et al., 1992)。

表3 不同表面特征结核的丰度、覆盖率, 主要金属元素含量统计

Tab.3 Relation between nodule surface textures and nodule abundance, coverages and principal metal contents

项 目	s 型			r 型			s+r 型		
	平均	范 围	样数	平均	范 围	样数	平均	范 围	样数
丰度 (kg/m ²)	10.69	0.01—27.75	107	3.26	0.01—17.0	295	9.51	0.03—21.75	160
覆盖率 (%)	52.60	0—100.0	85	13.4	0—61.0	173	41.7	0—99.0	121
Fe(%)	10.45	6.09—13.7	52	5.70	2.19—10.37	106	8.48	2.62—12.79	108
Mn(%)	21.99	13.31—26.33	53	25.89	17.85—31.26	128	23.79	13.98—30.87	113
Cu(%)	0.55	0.23—0.96	95	1.06	0.40—1.63	179	0.82	0.33—1.47	153
Co(%)	0.27	0.14—0.43	95	0.20	0.11—0.33	179	0.24	0.14—0.37	153
Ni(%)	0.77	0.43—1.25	95	1.22	0.74—1.73	179	1.02	0.58—1.47	153
Cu+Ni(%)	1.32	0.73—2.21	95	2.27	1.24—3.36	179	1.84	0.91—2.82	153
Cu+Co+Ni (%)	1.59	1.04—2.44	95	2.48	1.48—3.60	179	2.08	1.06—3.03	153
Mn/Fe	2.16	1.61—3.64	52	5.30	2.10—13.19	106	3.30	1.66—10.37	108

CC区结核的整体形状可分成球状、椭球状、扁状(圆盘状)、连生状、板状、碎屑状(含不规则状)、杨梅状等。统计表明, 结核形状与其表面特征有一定联系, 如球状、椭球状、杨梅状一般为r型; 连生状、碎屑状则s, r, s+r型皆有且所占比例相近; 圆盘状、板状或以r加s+r型为主, 或以s+r型为主。不同形状结核的分布在本区有区域性规律(表2): A区以圆盘状、碎屑状、连生状为主, B区主要是椭球状与球状, C区以球状、圆盘状与椭球状为主, D区主要为圆盘与椭球状。

2.1.4 多金属结核的粒径分布 不同环境下产出的结核有不同的粒径分布。根据海底照片的不同粒径结核的频数分析与取样所得结核在不同粒径段所占重量百分比的分析, CC区结核以中等粒径占优, 其中又以2—4cm为峰值。四区中大致以A区粒径最小, B, C, D区粒径相近, 其中又以C区略大。

统计表明, CC本区不同表面特征结核的粒径分布也有明显不同: s型粒径最小, r型最大, s+r型居中, 其中s型, r型的重量-粒径累积曲线较相似, 而s+r型则明显不同。不同形状结核的粒径分布曲线也不同: 球状、杨梅状、连生状结核粒径较小, 其中连生状结核中粒径很小的又不多; 椭球状、圆盘状、板状、碎屑状结核粒径一般较大, 其中又以板状结核最大。

2.2 地质地理环境及其对多金属结核分布的控制

多金属结核分布受结核核心物质、成矿金属的来源和结核成矿作用反应场环境因素的影响, 因此受制于区域性和局部性的地质地理环境条件。

2.2.1 生物生产力 从东赤道太平洋表层水中的初级生物生产力分布(Halbach et al., 1988)可见,CC区从整体来说是生物生产力适中至较小,这是本区成为结核远景矿区的重要原因之一。本区生物生产力呈从西向东、自北向南逐渐增大的趋势,与结核分布区域变化趋势相吻合,说明了上覆水中生物生产力对结核分布的区域性控制作用。这种控制作用是通过影响沉积速率、沉积物类型及从海水中吸附和富集多种金属的有机物质分布来实现的。本区最南部由于生物生产力高,因而沉积速率太高,对结核生长发育不利,结核丰度很低。向北,生物生产力变小,结核丰度增大。D区位于高生物生产力带附近,生物生产力明显较其它区为高,可能是该区结核不富集的主要原因之一。

2.2.2 区域地质构造与火山活动 区域构造控制水深、地形地貌,与区域构造相联系的火山活动则为结核提供丰富的核心物质和成矿金属元素,因而对多金属结核分布起明显的区域控制作用。

本研究区处于克拉里昂与克里帕顿两大转换断层带之间,这两大NEE向的深大断裂带控制了CC区金属结核富集带的分布和区内的地形地貌,特别是北部的克拉里昂断裂带对本区的影响甚大。表现为:(1)这两条深大断裂带本身在地形上呈明显的槽谷山脊带,并常有众多的海山、海丘分布,明显地控制了结核的分布;(2)与深大断裂带密切联系的火山活动十分活跃,喷发出来的海底火山岩的海解作用为结核的形成提供了成矿金属来源,大量火山碎屑则为结核提供了丰富的核心物质,如统计表明,A区与B、C区北部结核核心物质中,火山物质所占比例较其它地区高得多。有丰富的火山物质作核心可能是A区结核丰度相对较高的原因之一;(3)区内次一级的断裂构造(主要为S-N向与NW-SE向)控制了次一级的地形地貌,加上与断裂相联系的区内海底火山活动,控制了区内次一级的结核区域性分布。

太平洋板块向NW方向的扩张移动使得区内西北部相对较早漂离了有利于结核发育的生物生产力适宜区,适宜结核生长的时间相对较短,影响了结核个体的生长,这是结核粒径相对较小的原因之一,如A区。

2.2.3 南极底层水(流) CC区底层水与南极底层水(AABW)直接相关,具高盐度、高密度、低温、富含 CO_2 、 O_2 ,不饱和和碳酸钙和二氧化硅的特征。有资料表明(Halbach et al., 1988),早中新世早期AABW已影响本区,中新世以来影响加强,但在地质历史上,它的强度常发生变化。AABW对海底具较强侵蚀能力,它是本区晚新生代沉积间断的主要因素,特别是中晚中新世期间形成的长期沉积间断,为本区多金属结核形成创造了良好的条件。AABW对海底的侵蚀改造,使沉积速率大大降低,也为结核提供大量核心物质;它携带了在结核形成中能被吸引的金属,加上它含氧,为海底提供了一个氧化环境,这些都为结核形成、富集提供极有利的条件,是CC区成为结核资源最有远景区的主要原因之一,也对结核的分布起到了控制作用。

CC区南极底层水主要是从克拉里昂水道流入(汪蕴璞, 1991),在区中从西向东流,这一点也可从本区底层水的Eh自西向东逐渐下降、水温渐渐上升得到证实。这一流向造成西部受AABW的影响较大,西部流速比东部大,特别是考虑到西部地形相对较崎岖。流速的差异可能更加剧了区内结核分布的区域性变化,因为较崎岖的地形、较强的底层流有利于s型结核的生成和富集(Skorniyakova et al., 1992)。

2.2.4 水深 Exon (1983) 认为, 控制多金属分布的是水深与碳酸钙补偿深度 (CCD) 之间的相对关系, 而绝对深度则是第二位的。CCD 不仅控制了沉积类型的分布, 还影响沉积速率、结核成矿金属来源, 因此控制结核的形成与富集, 是一个非常重要的界面。但 CCD 是随区域和 (或) 地质历史变化的, 因此水深与 CCD 之间的相对关系显得特别重要。有资料表明 (Mckelvey, 1986), 多金属结核一般富集于 CCD 附近和 CCD 以下数百米水深范围内。因为水深太浅, 钙质浮游生物溶解不多, 所以沉积速率高, 为结核提供的成矿金属少, 这对结核形成、富集不利。水深太深, 则钙质浮游生物被溶解后所释放的有用金属可能完全分散在水柱中而到不了海床, 这也对结核生长富集不利。

本研究区内水深分布的特征是: (1) 从东向西有水深增加趋势, 西北端靠近克拉里昂断裂带处水深已超过 6 000 m, 这与太平洋板块向西北方向运动, 水深逐渐增加有关; (2) 西部水深变化较大, 多槽谷、山脊、深洼地、海山; 东部水深变化较小, 较平缓。本区的 CCD 约在 4 900 m 左右。

本区内多金属结核分布与水深的统计分析表明, 本区结构丰度、覆盖率峰值位于水深 4 900—5 500 m 范围, Mn, Cu, Ni 含量与 Mn / Fe 值的峰值位于水深 4 700—5 200 m 范围, 说明结核主要富集于 CCD 附近及 CCD 以下一定深度。与 Mckelvey (1986) 资料相比, 高丰度出现的水深范围向较深的方向有扩展, 而适宜 Mn 等富集的水深范围则向较浅的方向扩展。这可能部分是由于受本区西部水深大而结核丰度高, Mn, Cu, Ni 含量与 Mn / Fe 值低, 东部水深小而结核丰度低, Mn, Cu, Ni 含量与 Mn / Fe 值高这一分布特征的影响。

2.2.5 海底地形 本研究区的地形, 区域上可分为海山区、海山海丘区、海底平原区、洼地区、丘陵区、隆槽区等类型, 同时每一类中的局部地貌变化也很复杂。地形具明显的东西方向和南北方向的区域性变化。从北到南, 从西向东, 地形都是从复杂到简单, 水深减小。A 区和 B 区北部海山、海丘、槽谷较发育, 地形复杂, 水深较大; 而 B 区南部, C 区、D 区则以海底平原居优势, 水深小, 其中又以 B 区南部和 D 区最为明显。

海底地形影响沉积速率、沉积物分布、底层流分布、海底物理化学环境和结核核心物质的来源, 因此直接控制多金属结核的形成、富集与分布。

区域地形对本区结核分布的控制很明显。海山区与海山海丘区, 结核主要为碎屑状、圆盘状等; s 型所占比例很大; 丰度、覆盖率很高; Mn, Cu, Ni 含量低, 富含 Fe, Co; 海山区结核粒径小, 海山海丘区略大, 但都可能有较大的结壳等发现。海底平原区与海底丘陵区, 结核主要为圆盘状、椭球状、球状与碎屑状; r 型所占比例属所有地形区中最高; 丰度、覆盖率偏低; Mn, Cu, Ni 含量高; Fe, Co 低, 结核粒径大。海底洼地区和隆槽区的分布特征介于上面两类地形区分布特征之间。

局部地貌变化也对结核分布起控制作用, 尤其是结核的局部分布: 山丘上部结核以 s 型占优势, 呈碎屑状、圆盘状、连生状等, 粒径小, 但有时有大块结壳出现; 丰度较高, 但变化较大; 富 Fe, Co, 而贫 Mn, Cu, Ni。山坡上和盆地边缘结核以圆盘状、椭球状、碎屑状为主; 结核丰度大; s 与 r 型结核所占比例中等, 而 s+r 型高; Mn, Cu, Co, Ni 含量中等; Fe 含量在斜坡区中等, 而在盆地边缘则偏高; 粒径偏大, 且盆地边缘区结核较均匀。山间凹谷中结核以 r 型圆盘状、椭球状占优势, 粒径大但不均匀; 丰度中等, 富 Cu, Ni, Mn, 而贫 Fe, (Cu+Co+Ni) 值最高。盆地中结核

呈r型圆盘状、椭球、球状, 粒径中等且很均匀; 丰度最低; Mn, Cu, Co, Ni 含量中等。

2.2.6 海底沉积特征 多金属结核主要出现于表层沉积物中, 或在沉积物表面, 或被一层很薄(一般数厘米)的沉积物埋藏, 或部分出露部分被掩埋。多金属结核的形成、发育、富集明显地受表层沉积物特征(如相态变化、沉积速率、地球化学特征)和形成这些沉积物的各种过程(如被侵蚀、改造等)的控制, 因此多金属结核的分布也明显受海底沉积特征的控制。

由于受生物生产力、两条NEE向深大断裂带、海底向NW方向运动、区内N-S向次级火山构造的存在及AABW向南偏转(Halbach et al., 1988)等多种因素的控制, CC区沉积相在纬度分布的大格局下, 迭加了径向分布的特征, 特别是在北部。统计表明, 不同沉积物类型区的结核丰度、覆盖率、金属元素含量、形态、粒径分布存在明显的差异。区中结核平均丰度、覆盖率在硅质粘土与硅质软泥区最高, 深海粘土与钙质粘土次之, 钙质软泥区最低。结核中Mn, Cu, Ni, (Cu+Co+Ni)含量从硅质粘土—深海粘土—硅质软泥—钙质粘土依次下降, 而Fe则反之。不同沉积物类型区结核形态的分布与结核化学组分的分布相符, 即s型所占比例在钙质粘土中最高, 硅质粘土中最低, 而r型所占比例则与此相反。硅质沉积物中结核大小较均匀, 粒径偏大; 钙质粘土则结核粒径不均匀, 且小结核多; 深海粘土区结核的粒径分布介于它们之间。

3 结论

A, B, C, D4个区多金属结核分布的资料基本上反映了CC区的结核分布特征即具明显的区域性规律, 但局部的结核分布很复杂。区域性规律主要表现为: 自西向东, 结核丰度、覆盖率下降; Mn, Cu, Ni, Cu+Co+Ni含量与Mn/Fe值上升, Fe, Co含量下降; s型所占比例下降, r型则上升; 结核平均粒径上升, 椭球状、圆盘状占比例上升, 而碎屑状、连生状结核则下降。从北向南的结核分布区域性变化也一样明显, 且特征与西—东变化相似。

多金属结核分布直接受地质地理环境因素控制。CC区中, 生物生产力从西向东、自北向南逐渐增大, 南极底层流的影响、水深、地形复杂程度从西向东、自北向南减小, 深大断裂带影响在北部较大。这些区域性规律, 加上本区沉积物类型和沉积速率的区域分布特征, 直接控制了本区结核区域性分布特征。地形、底层流、沉积速率等的局部变化是结核分布局部变化的主要控制因素, 由于这些因素的复杂多变, 也造成了结核局部分布的复杂化。需要特别指出的是, 多金属结核分布是各种地质地理环境因素综合影响的结果, 而非个别因素所控制, 在特定区域或特定时期, 其中的某个因素可能起主要控制作用。同时, 各种环境因素本身是互相影响的, 对结核分布的控制也是复杂的。

参 考 文 献

- 汪蕴璞, 1991, 洋底水岩系统界面水及其成矿机理, 科学技术出版社(北京), 20—50。
Exon, N. F., 1983, *Marine Mining*, 4(1): 79—107。
Halbach, P. et al., 1988, *The Manganese Nodule Belt of the Pacific Ocean*. Ferdinand Enke Verlag, Germany

(Stuttgart), pp.17—160.

Mckelvey, V. E., 1986. *Subsea Mineral Resources*, 1689-A, United States Government Printing Office (Washington), pp.29—70.

Piper, D. Z. and Blueford, J. R., 1982. *Deep-Sea Res.*, 29(8A): 927—952.

Skorniyakova, N. S. and Murdmaa, I.O., 1992, *Marine Geology*, 103: 381—405.

Stackelberg, U. von and Beiersdorf, H., 1991, *Marine Geology*, 98: 411—423.

DISTRIBUTION OF MANGANESE NODULES AND ITS RELATION TO GEOLOGIC AND GEOGRAPHIC ENVIRONMENT IN THE CLARION—CLIPPERTON ZONE

Pan Guofu, Hua Zugen

(Second Institute of Oceanography, SOA, Hang-zhou 310012)

Abstract Manganese nodule data collected by the State Oceanic Administration in 1987, 1988, 1990 by the R/V “Xiang Yang Hong 16” were used to study the regional distribution patterns and local variation features of nodules in the Clarion—Clipperton Zone (CC Zone) (134°—157° W), and to analyze the geologic and geographic environmental factors and their variation trends in this area. The control of environmental factors on nodule distribution is discussed.

The study showed obvious W—E and N—S distribution patterns of nodule abundance, coverage, morphology, size and chemical composition in the CC Zone where the regional geologic and geographic environment variations of biologic productivity, antarctic bottom water (AABW), regional geological tectonics and volcanic activity, water depth, seafloor topography, sediments and sedimentation rate, etc, obviously control the regional—scale nodule distribution here.

The complicated local—scale nodule variation is mainly controlled by the complex local variation of seafloor topography, AABW, sedimentation rate, etc.

Key words CC zone Manganese nodule distribution Geologic and geographic environment factors