

http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx

西太平洋富钴结壳形成年代的探讨

潘家华¹⁾ 刘淑琴¹⁾ 钟石兰²⁾

1) 中国地质科学院矿产资源研究所,北京,100037; 2) 中国科学院南京古生物研究所,210008

内容提要 本文为我国首次采用生物地层法探讨西太平洋麦哲伦海山区富钴结壳的生长年代。生物地层法计年的样品,取自厚度为97 mm结壳的自顶至底的20mm、35mm、58mm、62mm及75mm处。结果表明,在62mm处发现了具地层时代鉴定意义的始新世早期 *Discoaster multiradiatus*、*Discoaster elegans*、*Discoaster barbadiensis*、*Tribrachiatulus orthostylus* 等钙质微体化石印痕,从而推断该区富钴结壳的生长年代可追溯至始新世或更老年代。此外,作者亦将此结果与中太平洋生物地层法的计年结果进行了对比并讨论了其地质意义。

关键词 富钴结壳 形成年代 钙质微体化石 西太平洋

大洋重要固体矿产资源富钴结壳(以下简称为结壳),因其富含 Co、Ni、Pt 等战略金属及远高于陆地的潜在资源量而成为世界各国近年来关注的焦点。美、日、俄等国相继自 80 年代始对其实施了大规模的海上调查和室内研究,我国自 1997 年起对结壳资源开展了正式调查研究(郭世勤等,1992;梁德华,1992;许东禹等,1994;阎葆瑞等,1992,1998;陈建林等,2001;李志昌等,2001;张富元等,2001)。

结壳的生长年代一直是海洋地质学家极为关注和悉心研究的重点内容之一,也是结壳资源研究领域中的一个难点。20 世纪 80 年代初,调查发现中太平洋结壳存在着 2 层结构,经¹⁰Be 测年(Segl et al., 1984),外层年轻结壳形成于晚中新世至现代(11Ma~至今);内层老结壳形成于早中新世至中中新世(18~12Ma)。此后,一些学者陆续开展了研究。Hein 等(1993)在对中太平洋与结壳伴生的磷酸盐计年时

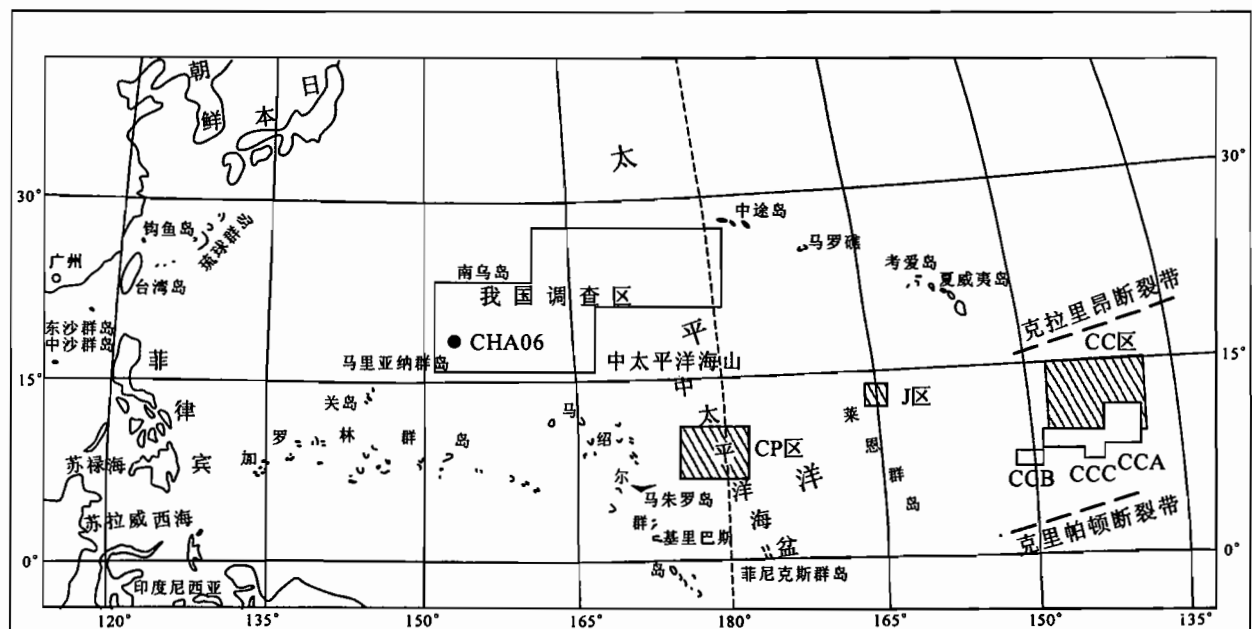


图 1 我国调查区和样品地理位置图

Fig. 1 Geographic position of the studied area

注:本文为中国大洋矿产资源研究和开发协会(COMRA)“大洋富钴结壳形成富集的地球化学限制”(编号 DY95-08-05)资助的成果。

收稿日期:2002-01-15;改回日期:2002-06-22;责任编辑:郝祥国。

作者简介:潘家华,男,1946年生,中国地质科学院矿产资源研究所研究员,博士生导师,从事矿床地质和矿床地球化学研究。通讯地址:100037,北京,西城区百万庄路26号,中国地质科学院矿产资源研究所;电话:010-68327135;E-Mail:pjh301@sohu.com。

指出,磷酸盐的形成年龄为 34~36Ma,因而推论结壳应于 36Ma 之前的晚始新世时开始生长。James 等(1993)对夏威夷群岛 Schumann 海山结壳采用生物地层法计年后指出,结壳形成于始新世或更老年代。鉴于结壳的生长年代对寻找厚层结壳具有重要的理论和现实指导意义,而我国调查区又主要在西太平洋的国际海域,因而,作者亦试图用生物地层法来探讨西太平洋结壳的生长年代,并将结果同中太平洋结壳的生长年代进行对比,希冀能对我国的找矿思路有所启迪。

1 富钴结壳的形成年代

生物地层法计年的结壳样品取自西太平洋麦哲伦海山区某海山 CHA06 站(图 1)。

样品(图 2)特征为:结壳类型属巨砾状厚层结壳,表面平整,较光滑,“基底”为磷酸盐胶结的玄武质角砾岩,具较典型的三层构造。上层为褐煤状结壳,镜下具树枝状柱状构造,厚 23 mm;中层为黑褐色多孔状结壳,镜下具斑杂状构造,厚 34 mm;下

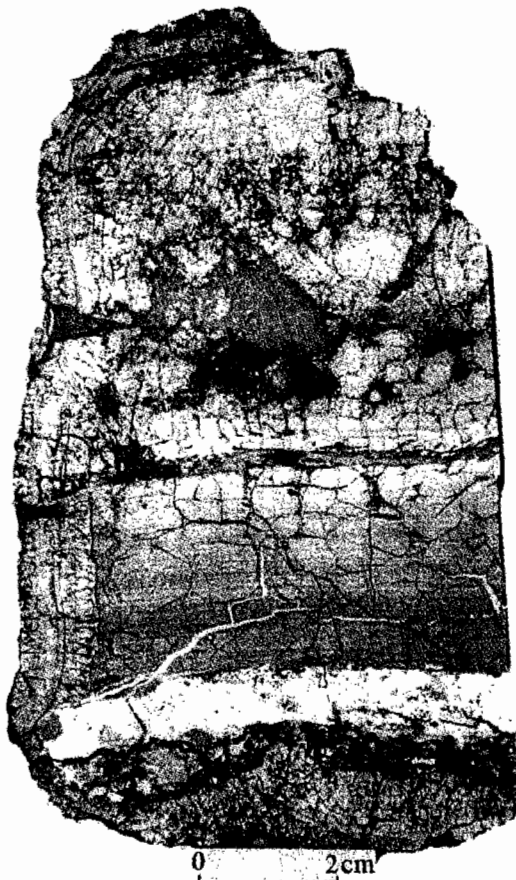


图 2 CHA06 结壳光面

Fig. 2 Polished section of sample

层为亮煤状结壳,宏观上为与中、上层明显不同的纹层状构造,厚 37 mm。计年方法与沉积岩中常用的生物地层计年法相同,但在结壳中鉴定的是钙质微体化石印痕。样品采自由顶至底平行于最外层的 20mm、35mm、58mm、62mm 及 75mm 处。将切取小块样品的断面经处理后置于扫描电子显微镜下进行观察鉴定。

鉴定的主要钙质微体化石种类可见表 1。为便于对比,表 1 中也列出了中太平洋 Schumann 海山厚 60mm 结壳中的钙质微体化石种类(James et al., 1993)。图 3 为部分钙质微体化石印痕,其中一些具年代鉴定意义。从表 1 可以看出,中西太平洋结壳中,某些钙质微体化石的种属是共同的,如 *Chiasmolithus* sp. *Coccolithus pelagicus*、*Discoaster elegans* 等。所鉴定的化石组合中以 *Coccolithus pelagicus* 占统治地位,但 *Discoaster multiradiatus*, *Discoaster barbadiensis*, *Discoaster elegans* 和 *Tribrahiatus orthostylus* 是确定地层时代的重要代表。

表 1 中太平洋和麦哲伦海山结壳中微体化石种类的对比
Table 1 Comparison of calcareous foraminiferal species in crusts from Magellan and Central Pacific

中太平洋	麦哲伦海山
<i>Chiasmolithus grandis</i>	<i>Chiasmolithus</i> sp.
<i>Coccolithus pelagicus</i>	<i>Coccolithus pelagicus</i>
<i>Calcidiscus leptoporus</i>	
<i>Calcidiscus macintyrei</i>	<i>Cruciplacolithus</i> sp.
<i>Umbilicosphaera sibogae</i>	
<i>Toweius pertusus</i>	<i>Flacolith</i> sp.
<i>Toweius tovae</i>	<i>Thoracosphaera</i> sp.
<i>Toweius eminens</i>	
<i>Cyclicargolithus floridanus</i>	<i>Tribrahiatus orthostylus</i>
<i>Discoaster binodosus</i>	<i>Ericsonia formosa</i>
<i>Discoaster brouweri</i>	<i>Discoaster</i> sp.
<i>Discoaster challengeri</i>	<i>Discoaster multiradiatus</i>
<i>Discoaster deflandrei</i>	<i>Discoaster barbadiensis</i>
<i>Discoaster elegans</i>	<i>Discoaster elegans</i>
<i>Discoaster lodoensis</i>	<i>Discoaster gemmeus</i>
<i>Discoaster pentaradiatus</i>	
<i>Discoaster variabilis</i>	
<i>Sphenolithus</i> sp.	Uncertain family affiliation
<i>Syracosphaera</i> sp.	<i>Scyphosphaera</i> sp.
Uncertain family affiliation	
<i>Oolithous</i> sp.	

据 Martini(1971)和 Okada 等(1980)的分带意见,*Discoaster multiradiatus* 的初现面是 Np9(Cp8)带的底界,这个种的最高分布可达 Np11(Cp9)带。目前,按钙质超微化石的划分方法,古新世和始新世的界线放在 Np9(Cp8)和 Np10(Cp9a 亚带)之间。

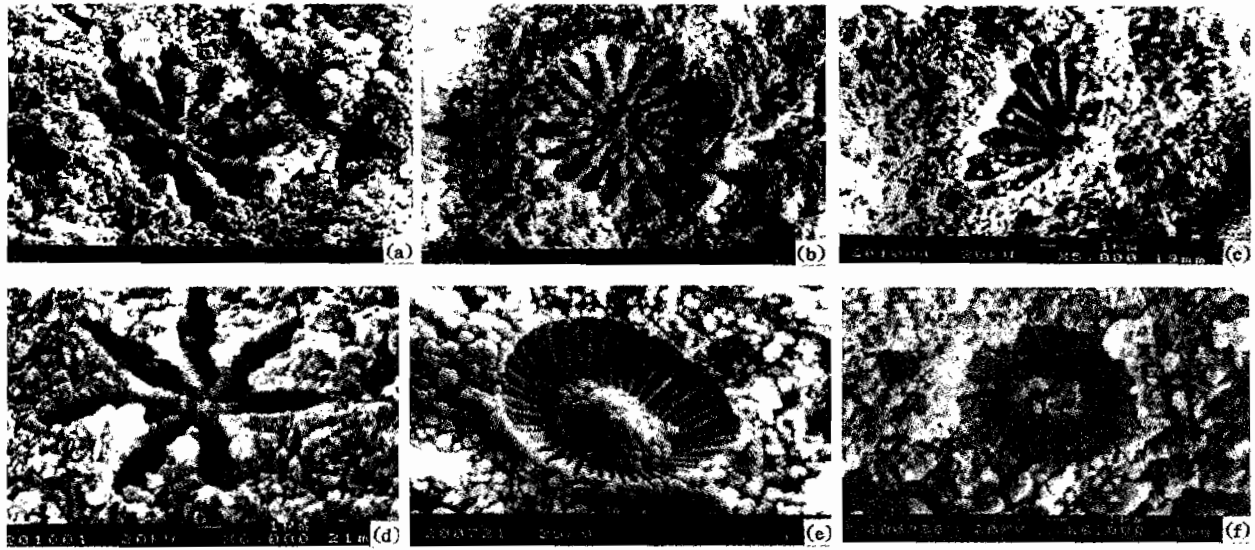


图 3 CHA06 结壳中的钙质微体化石印痕

Fig. 3 Calcareous foraminiferal prints of crust CHA06

1—*Discoaster elegans*; 2—*Discoaster multiradiatus*; 3—*Discoaster barbadiensis*; 4—*Discoaster* sp.;
5—*Coccolithus Pelagicus*; 6—*Flacolith* sp.

Tribrachiatulus orthostylus 的末现面用来限制 Np12 (Cp10) 带的顶界, 它最早见于 Np10 (Cp9a 亚带)。此外, *Discoaster elegans*, *Discoaster barbadiensis* 最早也出现于 Np10 带。因此, 通过分析这些种类在标本 62mm 处的分布, 就不难看出, 深度 62mm 相当于 Np10—Np11 (Cp9) 带, 时代为始新世早期。图 4 为麦哲伦海山区 CHA06 结壳 62mm 处与中太平洋 Schumann 海山结壳 24.5mm 处的生物化石种类对比图。CHA06 结壳 62mm 处结壳的生长年代为早始新世时期表明, 麦哲伦海山区的厚层结壳其生长年代可追溯至始新世或更老年代。

俄罗斯学者 (Мельников 等, 1994) 在西北太平洋马尔科斯—威克等海山的老结壳中也发现了不少钙质微体化石印痕。其种属有: *Discoaster multiradiatus*, *Discoaster gemmeus*, *Discoaster barbadiensis*, *Discoaster lodoensis*, *Thoracosphaera operculate* 等。他们将该组合归入 *Discoaster multiradiatus*—*Discoaster lodoensis* 带, 时代为 55~49.5Ma (早始新世)。显然, 这些种类与西太平洋麦哲伦海山区 CHA06 站位结壳及中太平洋结壳中鉴定的种属一致。这表明, 太平洋水下海山上沉积的结壳其生长年代为始新世或更老年代。

2 讨论

生物地层法计年表明, 麦哲伦海山区厚层结壳

的生长年代可追溯至始新世或更老年代, 而这与 Segl 等 (1984), McMurtry 等 (1994), Koschinsky 等 (1996) 对大西洋和中太平洋厚层结壳表层采用 ¹⁰Be 同位素计年后外推的结果相符 (表 2)。

表 2 大西洋和中太平洋结壳的生长年代

Table 2 Growth age of crusts from the Atlantic and the Central Pacific

样号	水深 (m)	厚度 (mm)	平均生长速率 (mm/Ma)	最大年龄 (Ma)
2-1	2700	80	2.37	41
237KD	4830	209	3.57	58
CD29-2	2390~1970	105	2.1	55
D11-1	1870~1690	147	2.53	58

若认为结壳生长时不存在沉积间断, 并假定其生长速率不变, 以目前公认的结壳平均生长速率为 2~5mm/Ma 计, 麦哲伦海山区自始新世生长的结壳厚度可达 10~20cm。作者参加我国实地航次调查时发现, 该区存在着厚度大于 10 cm 的结壳。显然, 麦哲伦海山区结壳的生物地层法计年可与实际的调查结果相对比, 这对我国在该区寻找厚层结壳提供了依据。然而, 结壳形成过程中由于古海洋环境的变化, 其生长速率并非一成不变。例如, 中太平洋结壳中不同层位的生长速率可相差一个数量级 (James et al., 1993)。其次, 其生长时也并非不存在沉积间断, 如作者在结壳中就发现各种不同的生长构造、不整合构造以及明显的沉积间断 (图 5)。至今, 鉴于结壳

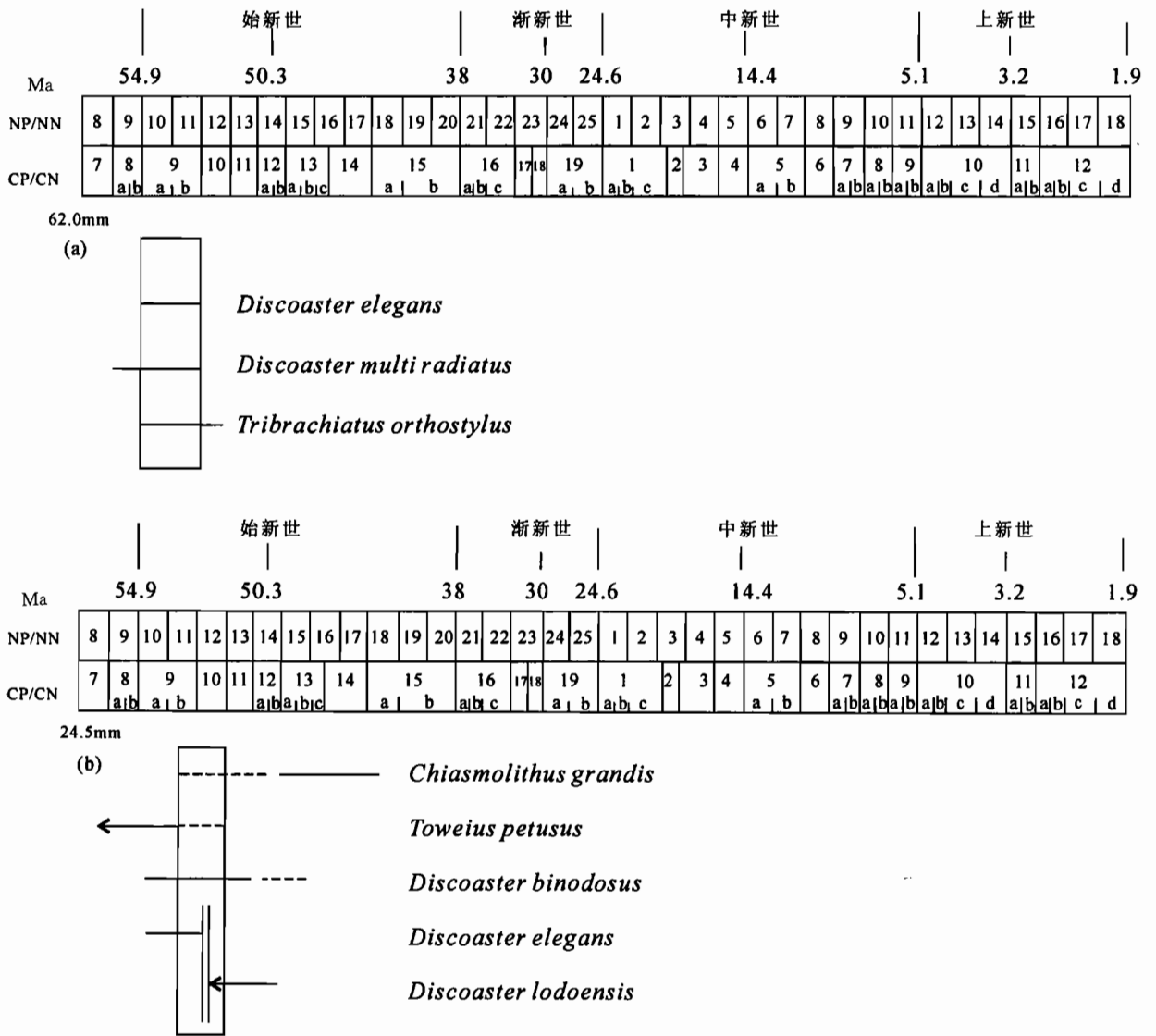


图 4 麦哲伦海山区(a)和中太平洋海山区(b)结壳形成年代的对比
 Fig. 4 Comparison of dating of crusts from Magellan and Central Pacific

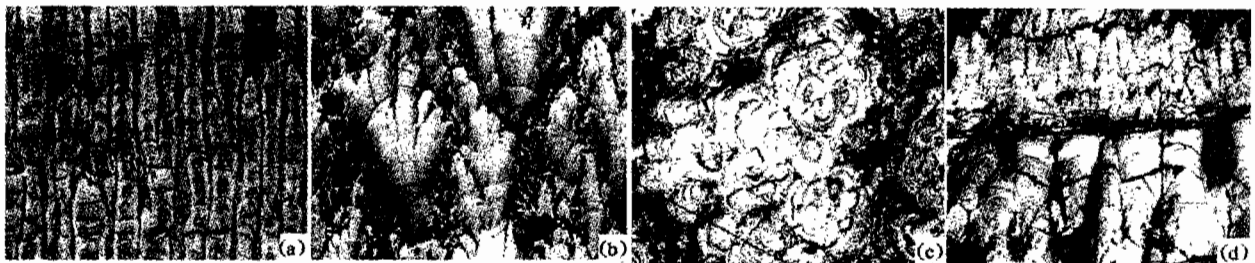


图 5 结壳内部不同构造和沉积间断特征
 Fig. 5 Different structures and sedimentary hiatus in crusts
 (a)—柱状构造; (b)—指状构造; (c)—团块状构造; (d)—沉积间断
 (a)—Column structure; (b)—finger structure; (c)—block structure; (d)—sedimentary hiatus

中钙质微体化石的印痕不易寻找,所以不少海洋地质学家采用对结壳表层计年有效的半衰期短的 Be 同位素(最大计年为 15Ma)来进行结壳计年。对超过 15Ma 生长年龄的结壳,则采用以假定等生长速率的外推法。实际上,生物地层计年法应该比采用“以假定等速率外推”的同位素计年法能更好地反映结壳的生长年代和生长史。

无庸讳言,生物地层计年法取得良好效果的首要条件是,结壳中钙质微体化石的印痕能被完整保存而不遭受后期破坏。研究表明,形成于水动力条件较弱环境下的结壳能较好地保存钙质微体化石,而这恰与作者在下层纹层状结壳分层中发现具地层时代鉴定意义的钙质微体化石的现象一致。因而,仔细分析结壳形成时的水动力环境,通过谨慎地分析不同层位具时代标志意义的钙质微体化石种类、组合并结合其它地质特征来进行计年,切实解决不同海域、不同海山、不同深度及不同厚度结壳的生长年代与其潜在资源远景的关系,深入探讨结壳的生长年代与结壳形成时的古海洋环境间的关系,将是一项极有意义的前沿研究课题。

参 考 文 献

- 陈建林,张富生,林承毅,史君贤,沈华梯,王基庆,马维林. 2001. 太平洋中国开辟区锰结核生物成因研究. 地质学报, 75(1): 228~233.
- 郭世勤,孙文泓. 1992. 太平洋中部锰结核的稀土元素. 地质学报, 66(2): 135~147.
- 梁德华. 1992. 太平洋中部多金属结核研究文集. 北京:地质出版社.
- 李志昌,崔汝勇,刘文贵. 2001. 太平洋中国开辟区铁锰结核稀土元素和铀钍同位素特征. 地质论评, 47(3): 309~316.
- 许东禹,金庆焕,梁德华. 1994. 太平洋中部多金属结核及其形成环境. 北京:地质出版社.
- 阎葆瑞,张胜,胡大春. 1992. 太平洋中部微生物与多金属结核的生成关系. 地质学报, 66(2): 122~134.
- 阎葆瑞,张锡根,梁德华,许东禹,刘怡芬,张伟. 1998. 海底多金属结核微生物成矿的机制和模式. 地质学报(英文版), 72(3): 282~290.
- 张富元,杨群慧,殷汝广,何高文,章伟艳,王英. 2001. 东太平洋 CC 区多金属结核物质来源和分布规律. 地质学报, 75(1): 537~547.

References

- Chen Jianlin, Zhang Fuyuan, Lin Chengyi, Shi Junxian, Shen Huati, Wang Jiqing, Ma Weilin. 2001. Biogenesis study of Manganese nodules from the Chinese pioneer area in the Pacific Ocean. Acta Geologica Sinica, 75(2): 228~233.
- Hein et al. 1993. Two major Cenozoic episodes of phosphogenesis recorded in Equatorial Pacific seamount deposits. Paleocyanography, 8: 293~311.
- James et al. 1993. Calcareous nannofossil biostratigraphic dating of a ferromanganese crust from Schumann Seamount. Marine Geology, 115: 289~306.
- Koschinsky et al. 1996. Ferromanganese crusts as indicators for paleocyanographic events in the NE Atlantic. Geol. Rundsch, 85: 567~576.
- Li Zhichang, Cui Ruyong, Liu wengui. 2001. REE and Ce, Nd isotopic Characteristics of the Ferromanganese Nodules from the Chinese Pioneer Area in Eastern Pacific Ocean. Geological Review. 47(3): 309~233. (in Chinese)
- Martini E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannolanktonzonation. In: A Farinacci Editor; Proc. 2nd Planktonic Conf. (Rome, 1970), 2: 739~785.
- McMurtry et al. 1994. Cenozoic accumulation history of a Pacific Ferromanganese crust. Earth Planet. Sci. Lett., 125: 105~118.
- Okada H, BuKry D. 1980. Supplementary modification and introduction of Cade numbers to the low latitude coccolith biostratigraphic zonation. Mar. Micropaleontol., 5: 321~325.
- Segl M, et al. 1984. ¹⁰Be-dating of a manganese crust from Central North Pacific and implications for ocean paleocyanography. Nature, 309: 540~543.
- Zhang Fuyuan, Yang Qunhui, Yin Ruguang, He Gaowen, Zhang Weiyan, Wan Ying. 2001. Material Sources and Distribution Characteristics of Polymetallic Nodules in the Eastern Pacific. Acta Geologica Sinica. 75(4): 537~547.
- М Е Мельников, И А Пуляева. 1994. Железомарганцевые коркиподнятия Маркус — уэйк и магеллановых гор тихого океана: строение состав. возраст ТИХООКЕАН ГЕОЛОГИЯ, 4: 13~27.

Research on the Age of Cobalt-Rich Crusts in Western Pacific

PAN Jiahua¹⁾, LIU Shuqin¹⁾, ZHONG Shilan²⁾

1) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;

2) Institute of Nanjing Palaeobiology, Nanjing, 210008

Abstract

The age of cobalt-rich crusts from the Magellan Seamount in the western Pacific has been first approached by using the method of biostratigraphic dating. The subsamples collected from the positions at 20, 35, 58, 62 and 75 mm from top to bottom in a crust 97 mm thick were studied. Special calcareous foraminiferal prints of *Discoaster multiradiatus*, *Discoaster elegans*, *Discoaster barbadiensis*, *Tribrachiatulus orthostylus* etc. of the early Eocene were found at 62 mm. It is thus concluded that the age of cobalt-rich crusts in this area can be traced back into the Eocene or even earlier. In addition, the authors have made a correlation of the present dating with that of crusts from the Central Pacific and present a discussion on its geological significance.

Key words: cobalt-rich crusts; formation age; research