

文章编号:1009-2722(2012)11-0047-06

近海沉积物重金属污染来源分析

徐刚^{1,2}, 刘健^{1,2}, 孔祥淮^{1,2}, 胡刚^{1,2}, 张军强^{2,3}

(1 国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室, 青岛 266071;

2 青岛海洋地质研究所, 青岛 266071; 3 临沂大学地质与古生物研究所, 山东临沂 276000)

摘要:重金属因其特殊的地球化学性质、毒性效应、高度危害性和难治理性成为环境中具有潜在危害的重要污染物。众多学者依据地质累积指数法、富集因子法及潜在生态危害指数法等对重金属污染程度进行了评价,依据元素相关性、主成分分析法、富集因子和聚类分析对重金属污染来源进行了探讨,初步定性了解了重金属污染来源,但还未做到定量区分重金属污染源。沉积物中的多环芳烃主要反映的是人类活动对海洋环境的影响,而元素 Ti 是陆壳岩石、土壤及其风化产物的主要成分,在海洋环境中不存在自生富集现象,海洋沉积物中的 Ti 通常被认为全部来自陆源碎屑物质,因此,利用重金属元素与多环芳烃和元素 Ti 的相关性可以有效地区分重金属污染源。

关键词:沉积物;重金属;污染源

中图分类号: P736.21; X132.2 文献标识码: A

近年来,关于重金属污染事件屡见不鲜,从湖南儿童血铅超标事件、陕西凤翔数百儿童铅超标到重金属污染“菜篮子”等等,可见重金属污染已影响到我们的生活环境。“砷毒”、“血铅”、“镉米”等事件频发,让重金属污染成为最受关注的公共事件之一,使得环境污染引发的社会矛盾日益突出。重金属污染一般指密度大于 5.0 g/cm^3 的金属(主要包括 Zn、Cu、Cd、Hg、Pb、Cr、As)或其化合物造成的环境污染。

由于沿海城市工业的快速发展,加上海洋养殖、捕捞及海洋运输等造成的污染,大量的重金属物质被排入到近岸海域,进入水体的重金属大部分在物理、化学、生物等综合作用下很快结合到颗粒物上^[1],在水动力作用的搬运过程中,当其负

量超过搬运营力能量时,便逐步沉积下来,使得沉积物成为水体重金属的贮存库^[2];由于生物新陈代谢或扰动作用,沉积物中的重金属会释放出来重新进入水体^[3],从而导致水环境的“二次污染”。因此,沉积物是研究区域环境状况好坏的载体之一,是水环境中重金属等污染物质的源和汇,沉积物中重金属污染状况是水环境质量的一个重要评价指标^[4]。沉积物中的重金属通过食物链进入物质循环,对生物安全产生威胁,最终导致生态环境的恶化。重金属已成为严重影响沉积物质量的一类污染物。典型的“公害病”——水俣病和骨痛病就分别是由于重金属 Hg 和 Cd 引起的污染所造成的。重金属因其特殊的地球化学性质、毒性效应、高度危害性和难治理性,已成为环境中具有潜在危害的重要污染物。对沉积物中重金属的研究已成为国内外热点研究课题,且在众多学者的努力下,取得了相当多的成果。但是,目前为止,关于沉积物中重金属研究仍存在问题亟需解决。重金属元素经过陆源、大气等各种途径输入入海,堆积在沉积物中,是自然风化、侵蚀过程及人为排

收稿日期:2012-09-02

基金项目:国土资源部海洋油气资源与环境地质重点实验室
开放基金项目(MRE201229)

作者简介:徐刚(1984—),男,研究实习员,主要从事海洋沉积学与地球化学方面的研究工作。E-mail: xugang0918@163.com

污活动的累积结果^[5-9],但沉积物中的重金属含量主要受自然沉积的影响还是人类活动输入的影响呢?为了确切了解人类活动对沉积物中重金属的影响程度,对重金属物质来源的研究就显得尤为重要。清楚了人类活动对沉积物中重金属累积含量的贡献,就能更好地为环境保护、重金属污染防治和沿海开发战略提供科学依据,且能够为进一步控制和治理海域沉积物的重金属污染、保证区域可持续发展提供基础数据和背景材料。因此,正确评价海洋沉积物污染状况和判别它的污染源具有重要的意义。

1 重金属污染评价

近海沉积物的污染状况在科学界受到越来越多的关注,它被人们认为是形成生态健康压力的一个主要因素^[10,11],有效全面地评价沉积物中重金属污染状况就显得尤为重要。众多学者依据沉积物中重金属污染评价方法,其中包括地质累积指数法^[12-14]、潜在生态危害指数法^[15-18]、单因子法^[16,18]、多因子法^[16]、沉积物富集系数法^[13,15]、沉积物污染指数及平均沉积物质量标准商数^[19]、模糊综合评价法^[20]等,对其研究海区的沉积物重金属污染状况做了评价。目前,对沉积物中重金属污染评价,尚没有统一的标准,较常用的主要是地质累积指数法、富集因子和潜在生态危害指数法。

通过对研究区重金属污染情况进行评价,可以了解重金属元素的污染分布特征,能够为陆架区在环境规划、预测、管理等提供参考依据,但不能确定海区重金属污染源,也就难以从源头上治理海区的重金属污染,因此,需要一种行之有效的重金属污染源判别方法来定量评价重金属污染源。

2 重金属污染源分析

相对于上覆水体,沉积物中的重金属含量高且稳定,且具有累积性特征,既包含了区域海洋环境重金属的自然来源信息,也记录了人为污染所带来的影响^[21]。人类活动排放到水体的重金属在一定条件下,由于离子交换、共沉淀、吸附、水解、络合、絮凝等理化作用,最终绝大部分通常以

相对不稳定的化学形态——非晶格结合态进入沉积物中^[22,23]。近些年来,沉积物中的重金属含量主要受自然沉积的影响还是人类活动输入的影响这个问题,引起了许多学者的高度关注。

相关性分析是用于研究变量之间相关程度的一种统计性指标,许多学者就依据各重金属元素含量与某些特殊元素的相关性来进行重金属污染来源判别。一般采用Al等作为参照元素,通过与目标元素之间的相关性来判别自然背景值和人为原因导致的元素累积。Al在表生带中溶解度较小,通常未被远距离搬运,风化过程中会很快从溶液中沉积下来,不易受到人类活动的污染,被广泛用于区分河流及海岸沉积物自然及人为物质来源^[24,25]。金属元素与Al的相关性较好,可认为未受到人为污染,属于自然沉积^[26]。Balls等^[27]在研究苏格兰河口和沿岸沉积物中重金属时,就用Al作为参比元素对Cd、Cu、Pb和Cr等重金属进行归一化处理,结果表明,这些元素在该海区沉积物内的含量均接近于背景值。刘恩峰等^[26]曾在研究太湖表层沉积物来源时采用Al、V与重金属比率散点图的方法分析重金属的污染来源。孟伟等^[28]通过目标元素与参照元素Li、Sc含量的相关性分析,定性鉴别了目标元素是否受到了人为输入的干扰。Chen等^[29]通过重金属元素与Fe、黏土的相关性对重金属污染来源做了分析研究。蔡清海等^[30]通过重金属元素和过渡元素相关性探讨了重金属的污染来源。

主成分分析(PCA)法是一种广泛用于沉积物中污染物来源评价的统计分析方法,已被众多中外研究者应用于区分沉积物中重金属的来源。在国外,Delvalls等^[31]运用此方法评价了Cadiz湾表层沉积物中重金属的可能来源,Singh等^[32]也曾用此法评价了Gomti河的表层沉积物中重金属的可能来源;在国内,研究者也基于主成分分析法分别对珠江口、胶州湾、连云港、泉州湾、广西北海等近岸海域表层沉积物中的重金属污染来源进行了分析^[14,19,33-35],通过这种分析初步定性了解了自然和人为因素对重金属累积的贡献率。

其他方法如富集因子(EF)和聚类分析(CA)也已被广泛地应用于研究和鉴别重金属污染源,区分自然和人为的贡献^[12,36-39]。富集系数指所测重金属含量与环境本底值的比值。据已有的研

究,EF 值超过 1.5 表明人为来源的重金属占了显著比例^[40]。但仅通过富集系数很难准确鉴别沉积物中的重金属来源,富集系数受多个因素影响^[41]。在运用富集系数进行污染源判别时,必须慎重选择背景值,不能模式化地将某一海区的重金属元素含量与其他海区的背景值进行比较。重金属地球化学特征的相似程度可以通过聚类分析方法进行研究,进而能帮助分析影响重金属含量及其分布特征的控制因素^[42],但重金属某些元素本身就具有较好的相关性,且 Fe、TOC 本身就是非单一来源的污染物^[43-45],因此,对它们进行聚类分析,并以此来鉴别重金属的污染来源,显得不是很合理。

3 讨论

前人运用各评价方法对其海区的重金属污染状况进行了评价,通过评价可以了解研究区重金属污染的平面特征,为海区在环境规划、预测、管理等提供参考依据。各评价方法在应用时都要用到其海区重金属元素的背景值。但由于地域的不同,不同海域沉积物中重金属元素的背景值有较大差异,因而模式化地将某一海区的重金属元素含量与其他海区的背景值进行比较,必然会导致与当地的沉积环境相脱离的结果。因此,海区重金属元素背景值的选取具有重要意义。通常认为,当地未受人类活动影响的沉积物中重金属元素的含量可以用来作为其背景值,或全球沉积物的重金属元素背景值、全球现代化前沉积物重金属的最高背景值也可以用来作为研究区的背景值^[46]。

前人在重金属污染来源鉴别方面做了开创性工作,取得了一定的成果,依据上述各污染源判别方法,初步定性了解了重金属污染来源,但还未做到定量区分重金属污染源。近海沉积物中不同来源的重金属往往叠加在一起,给海洋污染评价带来了一定的难度。传统的判别重金属来源的方法,例如主成分分析、聚类分析和富集因子法等很难同时排除重金属自然来源变化和沉积物粒度对重金属含量的影响,重金属在沉积物中的含量往往随粒度的增大而减小,明显遵循元素粒度控制规律^[47,48]。为了明确重金属的有效来源,人们用

参照元素归一化的方法来排除沉积物粒度的干扰^[49],同时,参照元素与目标元素之间的相关性原则用来判别自然背景值和人为原因导致的元素累积^[50,51]。但是,如果参照元素遭受污染,那么它的可靠性就大大降低而不再适合作为数学方法中的参照元素^[52]。近年的研究表明:Fe 和微量元素一样易受表生环境影响,在海岸沉积物中就曾发现过 Fe 污染^[43-45];Al 在深海沉积物中存在明显的自生富集,这些自生富集的 Al 往往与生物硅的捕获有关,可反映表层海水生产力的变化^[53]。而以陆源碎屑为主的边缘海沉积物,过剩 Al 是否存在,含量多少,到目前为止仍然是未知数。这个问题的答案,关系到通常使用的以 Al 含量估算陆源碎屑的方法是否可行,在海洋沉积地球化学研究中有重要意义^[54]。因此,通常使用沉积物的 Al 含量来估算陆源碎屑的比例可能会导致过高的结果。此外,沉积有机碳本身即是一种污染成分,来源多样,组成复杂,也不适合作为参考元素去分析鉴别重金属污染来源^[44]。

广泛分布于大气、水体、土壤和沉积物中的多环芳烃(PAHs)除极少量来源于生物内合成、森林草原自然起火、火山喷发等自然本底外,绝大部分来自人为活动造成的污染^[55,56],因此,沉积物中的多环芳烃主要反映的是人类活动对海洋环境的影响。元素 Ti 是陆壳岩石、土壤及其风化产物的主要成分^[57],在海洋环境中不存在自生富集现象,海洋沉积物中的 Ti 通常被认为全部来自陆源碎屑物质,是估算陆源碎屑比例的最佳代用指标。许多学者就曾主要以 Ti 来反映陆源的背景值,并且都取得了比较好的结果^[58-60]。因此,利用重金属元素与多环芳烃和元素 Ti 的相关性可以有效地区分重金属污染源,能够为进一步控制和治理海区沉积物的重金属污染、保证区域可持续发展提供基础数据和背景材料。

4 结论

(1)目前,对沉积物中重金属污染评价尚没有统一的标准,较常用的主要是地质累积指数法、富集因子和潜在生态危害指数法,运用各评价方法对重金属污染状况进行评价时,一定要注意海区重金属元素背景值的选取,不能模式化地将某一

海区的重金属元素含量与其他海区的背景值进行比较。

(2)前人在重金属污染源鉴别方面做了开创性工作,取得了一定的成果,依据元素相关性、主成分分析法、富集因子和聚类分析各污染源判别方法,初步定性了解了重金属污染来源,但还未做到定量区分重金属污染源。

(3)近海沉积物中不同来源的重金属往往叠加在一起,给海洋污染评价带来了一定的难度。沉积物中的多环芳烃主要反映的是人类活动对海洋环境的影响,而元素 Ti 是陆壳岩石、土壤及其风化产物的主要成分,在海洋环境中不存在自生富集现象,海洋沉积物中的 Ti 通常被认为全部来自陆源碎屑物质,因此,利用重金属元素与多环芳烃和元素 Ti 的相关性可以有效的区分重金属污染源。

参考文献:

- [1] 陈振楼,许世远,柳林,等.上海滨岸潮滩沉积物重金属元素的空间分布与累积[J].地理学报,2000,55(6):641-651.
- [2] Salomons W, Rooij N M, Kerdijk H, et al. Sediments as a source for contaminants [J]. *Hydrobiologia*, 1987, 149(1): 13-30.
- [3] 黄延林.水体沉积物中重金属释放动力学及实验研究[J].环境科学学报,1995,15(4):440-446.
- [4] Reddy M S, Basha S, Kumar V G S, et al. Distribution, enrichment and accumulation of heavy metals in coastal sediments of Alang-Sosiya ship scrapping yard, India [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2004, 48: 1 055-1 059.
- [5] Brich G, Taylor S. Source of heavy metals in sediments of the Port Jackson estuary, Australia [J]. *The Science of the Total Environment*, 1999, 227: 123-138.
- [6] Unlu N, Ersoz M. Adsorption characteristics of heavy metals ions a low cost biopolymeric sorbent from aqueous solutions [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2006, 136(B): 271-280.
- [7] Maanan M. Heavy metal concentrations in marine mollusks from the Moroccan coastal region [J]. *Environmental Pollution*, 2008, 153: 176-183.
- [8] Lee C S, Qi S H, Zhang G, et al. Seven thousand years of records on the mining and utilization of metals from lake sediments in central China [J]. *Environ Science Technology*, 2008, 42(13): 4 732-4 738.
- [9] Audry S, Schafer J, Blanc G, et al. Fifty-year sedimentary record of heavy metal pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River reservoirs (France) [J]. *Environmental Pollution*, 2004, 132(3): 413-426.
- [10] Chapman P M, Wang F. Assessing sediment contamination in estuaries [J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2001, 20: 3-22.
- [11] Riba I, DelValls T A, Forja J M, et al. Evaluating the heavy metal contamination in sediments from the Guadalquivir estuary after the Aznalcóllar mining spill (SW Spain): a multivariate analysis approach [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2002, 77: 191-207.
- [12] Tang W Z, Shan B Q, Zhang H, et al. Heavy metal source and associated risk in response to agricultural intensification in the estuarine sediments of Chaohu Lake Valley, East China [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2010, 176: 945-951.
- [13] 于文金,邹欣庆.灌河口潮滩重金属累积特征及污染评价[J].地球化学,2007,36(4):425-433.
- [14] 蔡龙炎.基于主成分分析法的泉州湾表层沉积物中重金属污染可能来源分析[J].台湾海峡,2010,29(3):325-331.
- [15] Guo W H, Liu X B, Liu Z G, et al. Pollution and potential ecological risk evaluation of heavy metals in the sediments around Dongjiang Harbor, Tianjin [J]. *Procedia Environmental Science*, 2010, 2: 729-736.
- [16] 秦延文,苏一兵,郑丙辉,等.渤海表层沉积物重金属与污染评价[J].海洋科学,2007,31(12):28-33.
- [17] 钱晓佳,段舜山.珠海近岸海域表层沉积物中的重金属及生态危害评价[J].生态环境学报,2010,19(9):2 123-2 129.
- [18] 张少峰,林明裕,魏春雷,等.广西钦州湾沉积物重金属污染现状及潜在生态风险评价[J].海洋通报,2010,29(4): 450-454.
- [19] 李玉,冯志华,李谷祺,等.连云港近岸海域沉积物中重金属污染源及生态评价[J].海洋与湖沼,2010,41(6):829-833.
- [20] Sun J M, Rong J X, Zheng Y, et al. Risk assessment of heavy metal contaminated Dagu River sediments [J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2011, 8: 764-772.
- [21] Nriagu J O, Pacyna J M. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals [J]. *Nature*, 1988, 333: 134-139.
- [22] Calmano W, Hong J, Foerstner U. Binding and mobilization of heavy metals in contaminated sediments affected by Handredox potential [J]. *Water, Science, Technology*, 1993, 28: 223-235.
- [23] Kersten B M, Foerstner U. Chemical fractionation of heavy metals in anoxic estuarine and coastal sediments [J]. *Water Science Technology*, 1986, 18: 121-130.
- [24] Covelli S, Fontolan G. Application of a normalization procedure in determining regional geochemical baselines [J].

- Environmental Geology, 1997, 30: 34-45.
- [25] Summers J K, Wade T L, Engle V D, et al. Normalization of metal concentrations in estuarine sediments from the Gulf of Mexico[J]. Estuaries, 1996, 19: 581-594.
- [26] 刘恩峰, 沈 吉, 朱育新, 等. 太湖表层沉积物重金属元素的来源分析[J]. 湖泊科学, 2004, 16(2):113-119.
- [27] Balls P W, Hull S, Miller B S, et al. Trace metal in Scottish estuarine and coastal sediments [J]. Marine Pollution Bulletin, 1997, 34 (1):42-50.
- [28] 孟 伟, 翟圣佳, 秦延文, 等. 渤海湾潮间带(大沽口)柱状沉积物中的重金属来源判别[J]. 海洋通报, 2006, 25 (1):62-69.
- [29] Chen Z Y, Salem A, Xu Z, et al. Ecological implications of heavy metal concentrations in the sediments of Burullus Lagoon of Nile Delta, Egypt[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2010, 86:491-498.
- [30] 蔡清海, 杜 琦, 钱小明, 等. 福建三沙湾海洋沉积物中重金属和过渡元素来源分析[J]. 地质学报, 2007, 81(10): 1 444-1 448.
- [31] Delvalls T, Forja J M, Gonzalez-mazo E, et al. Determining contamination sources in marine sediments using multivariate analysis [J]. Trac Trends in Analytical Chemistry, 1998, 17 (4): 181-192.
- [32] Singh K P, Malik A, Sinha S, et al. Estimation of source of heavy metal contamination in sediments of Gomti river (India) using principal component analysis[J]. Water, Air and Soil Pollution, 2005, 166:321-341.
- [33] Zhou H Y, Peng X T, Pan J M. Distribution, source and enrichment of some chemical elements in sediments of the Pearl River Estuary, China [J]. Continental Shelf Research, 2004, 24: 1 857-1 875.
- [34] Carman C M, Li X D, Zhang G, et al. Trace metal distribution in sediments of the Pearl River Estuary and the surrounding coastal area, South China [J]. Environmental Pollution, 2007, 147: 311-323.
- [35] 李 玉, 愈志明, 宋秀贤. 运用主成分分析(PCA)评价海洋沉积物中重金属污染来源[J]. 环境科学, 2006, 27(1): 137-141.
- [36] Navas A, Machin, J. Spatial distribution of heavy metals and arsenic in soils of Aragon (northeast Spain): controlling factors and environmental implications [J]. Appl. Geochem. 2002, 17: 961-973.
- [37] Burt R, Wilson M A, Mays M D, et al. Major and trace elements of selected pedons in the USA[J]. J. Environ. Qual., 2003, 32: 2 109-2 121.
- [38] 姚书春, 薛 滨. 长江中下游青戈江、水阳江水系湖泊沉积物中重金属变化特征研究[J]. 第四纪研究, 2010, 30(6): 1 176-1 185.
- [39] 胡宁静, 石学法, 刘季花, 等. 莱州湾表层沉积物中重金属分布特征和环境影响[J]. 海洋科学进展, 2011, 29(1): 63-72.
- [40] Zhang J, Liu C L. Riverine composition and estuarine geochemistry of particulate metals in China-Weathering features, anthropogenic impact and chemical fluxes [J]. Estuarine Coastal and Shelf Science, 2002, 54:1 051-1 070.
- [41] Reimann C, Caritat P. Distinguishing between natural and anthropogenic sources for elements in the environment: regional geochemical surveys versus enrichment factors [J]. Science Total Environment, 2005, 337:91-107.
- [42] Simeonov V, Massart D L, Andreev G M, et al. Assessment of metal pollution based on multivariate statistical modeling of hot spot sediments from Black Sea [J]. Chemosphere, 2000, 41: 1 411-1 417.
- [43] Rubio B, Nombela M A, Vilas F. Geochemistry of Major and Trace elements in sediments of the Ria de Vigo(NW Spin): An Assessment of Metal Pollution[J]. Marine Pollution Bulletin, 2000, 40:968-980.
- [44] Kersten B M, Vanenk P W, Green R J, et al. Background concentrations for metal in North Sea: Sediment, Water, Mussels and Atmosphere in Circulation and Contamination Fluxes in the North Sea[M]. Berlin: Springer, 1994:290-316.
- [45] Din Z B. Use of Aluminum to Normalize Heavy metal data from estuarine and coastal sediments of straits of Melaka [J]. Marine Pollution Bulletin, 1992, 23:294-303.
- [46] 李凤业, 李学刚, 齐 君, 等. 近百年来胶州湾沉积物中重金属元素的累积过程及其环境意义, 海洋学研究 [J]. 2011, 29(2):36-45.
- [47] 赵一阳, 鄢明才. 中国浅海沉积物地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1994, 181-182.
- [48] 刘素美, 张 经. 沉积物中重金属的归一化问题以 Al 为例[J]. 东海海洋, 1998, 16(3):48-55.
- [49] Trefry J H, Sadoughi M, Sullivan M D, et al. Trace metals in the Indian River Lagoon, Florida: the copper story [J]. Florida Scientist, 1983, 46:415-427.
- [50] Presley B J, Taylor R J, Boothe P N. Trace metal concentrations in sediments of Eastern Mississippi Bight[J]. Marine Environment Research, 1992, 33:267-282.
- [51] Tkalin A V, Presley B J, Boothe P N. Spatial and temporal variations of trace metals in bottom sediments of Peter the great Bay, the Sea of Japan[J]. Environmental Pollution, 1996, 92: 73-78.
- [52] Tam N F Y, Yao M W Y. Normalization and heavy metal contamination in mangrove sediments[J]. The Science of the Total Environment, 1999, 216:33-39.
- [53] Murray R W, Leinen M. Scavenged excess aluminum and its relationship to bulk titanium in biogenic sediment from the central equatorial Pacific Ocean [J]. Geochim. Cosmochim. Acta, 1996, 60:3 869-3 878.
- [54] 韦刚健, 刘 颖, 李献华, 等. 南海沉积物中过剩铝问题的

- 探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2003, 22(1):23-25.
- [55] Douben P E T. PAHs: an ecotoxicological perspective [M]. New York: Wiley, 2003:377.
- [56] Basheer C, Obbard J P, Keelee H. Persistent organic pollutants in Singapore's coastal marine environment sediments[J]. Water, Air and Soil Pollution, 2003, 149(1-4):315-323.
- [57] Taylor S R, McLennan S M. The Continental Crust: Its Composition and Evolution [M]. Melbourne: Blackwell, 1985.
- [58] Bonn W J, Gingele F X, Grobe H, et al. Palaeoproductivity at the Antarctic continental margin: Opal and Barium records for the last 400 ka[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1998, 139(3/4):195-211.
- [59] Schroeder J O, Murray R W, Leinen M, et al. Barium in Equatorial Pacific carbonate sediment: Terrigenous, oxide and biogenic associations [J]. Paleoceanography, 1997, 12(1): 125-146.
- [60] Nurnberg C C, Bohrmann G, Schluter M, et al. Barium accumulation in the Atlantic sector of the Southern Ocean: Results from 190,000 years records [J]. Paleoclimatology, 1997, 12(4): 594-603.

ANALYSIS OF SOURCES OF HEAVY METAL POLLUTION IN NEAR-SHORE SEDIMENTS

XU Gang^{1,2}, LIU Jian^{1,2}, KONG Xianghui^{1,2},
HU Gang^{1,2}, ZHANG Junqiang^{2,3}

(1 Key Laboratory of Marine Hydrocarbon Resources and Environmental Geology, Ministry of Land and Resources, Qingdao 266071, China; 2 Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China;

3 Institute of Geology and Paleontology, Linyi University, Linyi 276000, Shandong, China)

Abstract: Heavy metals have been referred to as a kind of the most harmful pollutants in marine sediments due to their special geochemical properties, toxicity, high vulnerability and difficulty in management. Evaluation of the pollution level of heavy metals have been made by scholars with various proxies, such as geological accumulation index, enrichment factors, ecological risk index and pollution sources of the heavy metals based on elements correlation, principal component analysis, enrichment factor study and cluster analysis. As the result, preliminary qualitative understanding is achieved, but quantitative distinction on pollution sources of the heavy metals remain unsolved. Polycyclic aromatic hydrocarbon in sediments is regarded as a proxy of human activity for marine environment, while the element Ti, which is usually not enriched in marine environment, is mainly from continental rocks, soils, and their weathering products, and generally considered as the indicator of terrigenous clastic materials. Therefore, the correlations among heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and elements Ti can be effectively used to distinguish the heavy metal pollution source.

Key words: sediments; heavy metals; sources of pollution