

磷矿开采对流域环境的影响*

林清¹⁾, 王京¹⁾, 施泽明^{1,2)}

1) 成都理工大学地球化学系, 成都, 610059;

2) 地学核技术四川省重点实验室, 成都, 610059

磷矿是我国重要的矿产资源之一, 又是重要的化工矿物原料, 其中约 80%都用于磷肥生产, 其余还分别用于医药、食品、火柴、染料、制糖、陶瓷、国防等相关部门, 且早在 19 世纪中叶便开始开采利用, 随着现代工业和科学技术的发展, 人类对磷矿产物的需求量和开采程度越来越大, 导致对环境的污染和破坏程度亦越来越严重(刘颐华, 2005)。有地质体的塌陷、滑坡、崩裂以及矿渣的随意堆砌所致的土地浪费、植被破坏、污染水源等一般矿山开采具有的危害, 由于磷矿石化学组成的特殊性, 一般富含磷、铀、氟、以及 Cd、Pb、As 等重金属元素, 在开采加工的过程中产生的废弃物可以通过淋溶、沉降、雨水冲刷等不同的途径最终进入水体, 沉积在沉积物中(施为光, 1997)。

1 国内外研究现状

磷矿开采对流域环境影响这一环境问题已引起国内外广泛的关注, 近年来, 国内外众多学者对这一课题做了深入的研究, 其研究内容可大致归纳为总磷污染、重金属污染和放射性污染等几个方面, 研究表明磷矿开采以及传统的湿法生产磷酸工艺中的副产品磷石膏的不当处理与附近流域内总磷(TP)含量增加有直接联系且若其污水不经脱磷处理直接排入河流或湖泊, 达到一定数量和浓度时可能会引起水中藻类及其他微生物大量繁殖, 对水质富营养化埋下巨大隐患(施为光, 2000)、海相沉积型磷矿床中天然放射性同位素含量较高, 在磷矿开采和磷肥加工的过程中容易富集到中间产物磷石膏和最终产物磷肥中, 在雨水的冲刷、淋溶过程中放射性元素铀会随水迁入附近水体中, 导致水环境中放射性核素含量增加且水生生物体内

的放射性核素含量也有相应提高(施泽明, 2012; 郑美扬^①)、由于磷矿本身含有较高浓度的重金属元素, 在开采加工利用时会随着废弃物质的堆放进入周围的环境介质, 在运输过程中也会使近地表大气中重金属含量增加, 采矿、选矿废水最终也会排入河道, 引起河流重金属含量增加(宋昊, 2011; Memet Varol, 2012)。

通常来讲, 排入水中的重金属元素、营养物质、放射性物质会与水体所含物质发生一系列的物理化学作用, 从而由液相转移到沉积物中或吸附在胶体上, 胶体随水流方向迁移, 在迁移过程中会吸附其他物质使胶体质量变大, 当水体的负荷量超过搬运能力时, 胶体便会沉积下来, 成为沉积物的一部分, 而当环境条件如 pH、温度等改变时, 蓄积在沉积物中的某些元素便会释放到上覆水体中, 对水体造成二次污染, 其在沉积物与水体界面的迁移转化规律受多重因素影响, 尤其与元素的赋存形态密切相关, 元素在沉积物中不同的赋存形态代表着不同的元素活性、生物可利用性和潜在危害性。在沉积物中赋存的众多污染物中, 由于磷是使水体富营养化的直接原因、重金属污染具有毒性大、难降解和易富集等特性, 磷和重金属的形态研究对沉积物污染研究方面具有重大意义(岳宗恺, 2013)。

2 污染物质形态划分

磷的形态划分种类较多, 但最具有实际操作意义和参考价值的方法是在欧洲标准测试委员会框架下发展的 SMT 分离方法。该方法将磷分为 5 种形态, 即 NaOH-P(Fe/Al 结合态磷), HCl-P(Ca 结合态磷), IP(无机磷), OP(有机磷)和浓 HCl-P(总磷)(黄清辉-2004)。该方法的测定形态相互独立, 自

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 41373120)资助的成果

收稿日期: 2015-02-03; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 周健。

作者简介: 林清, 女, 1992 年生。硕士, 地球化学专业。Email: 791870843@qq.com。

检性较好,在探讨磷来源方面具有一定优势(冯素萍, 2006)。与磷划分形态相似,重金属提取和分离方法也较多,但主要为单独提取法和多级连续提取法。单独提取法,类似于萃取,主要提取沉积物重金属元素的有效态,即对生物活性有影响的形态或可被生物吸收利用的形态,主要适用于重金属含量远远大于当地背景值的重度污染地区。该方法操作简便,用时短,但对于萃取剂的最佳选择和最佳的萃取时间来说依然存在问题。多级连续提取法是由一系列的结合程度由弱到强的提取剂去提取同一重金属元素的不同价态、结合态、化合态、结构态。其中具有代表性的方法有: Tessier 于 1979 年提出五步连续提取法,将沉积物中的重金属分为可交换态、碳酸盐结合态、铁锰氧化物结合态、有机物结合态、残渣态。在此基础上, Kerstne 和 Forstner 于 1986 年提出的六步连续提取法将重金属形态分为六种,分别是可交换态、碳酸盐态、易还原态、中等还原态、可氧化态、残渣态。两者不同之处在于 Forstner 将 Tessier 中的铁锰氧化物结合态划分为易还原态和中等还原态,更好的区别了铁结合态和锰结合态。欧共体标准物质局(BCR)于 1993 年提出的三步连续提取法,经过大量国内外实验室研究证明,该方法具有良好的重现性,在分类上将沉积物重金属赋存形态分为 4 类,弱酸溶解态、可还原态、可氧化态、残渣态,其中的弱酸溶解态就是融合了 Tessier 分类法中的可交换态和碳酸盐结合态产生的,在其余各形态划分上基本保持不变。

3 环境质量评价方法

为了更好的查明沉积物受污染程度,近年来国内外众多学者开展了对沉积物环境的质量评价,虽然没有统一的评价标准,但已产生的很多方法在实践过程中取得了良好的效果,包括 Hakanson 的潜在生态危害指数(RI)法、地累积指数法(Igeo)、沉积物富集系数法(SEF)、变异系数法、单因子评价法、综合指数法、基于生物效应的浓度法、RSP 污染指数、回归过量分析法、脸谱图法、沉积物质量基准法等,其中潜在生态危害指数法(RI)和地累积指数法(Igeo)实用性最强,地累积指数法是 1969 年 Muller 提出的,是指示沉积物中重金属污染程度的一个定量指标,污染分级可分为五级和七级。Hakanson 法最大的特点就是给出了部分重金属

的毒性系数和其计算原则,只要结合适当的计算方法,便可以计算出重金属元素的毒性,是目前运用最为广泛的方法之一(袁浩, 2008; 梁亮^②)。

4 小结

磷矿开采对流域环境的影响可分为以下 3 个方面,营养物质污染、重金属污染和放射性物质的污染,这些污染物质对环境造成的危害不局限于物质的总量而在于其赋存形态,但在掌握总量的情况下也可以采取环境质量评价方法对某个地区的环境质量进行初步评价。

注 释 / Notes

①郑美扬. 2010. 沱江流域磷矿开发利用中核素迁移及地表环境影响. 成都理工大学辐射防护与环境保护硕士学位论文, 1~50.

②梁亮. 2006. 河流沉积物重金属形态分类法的研究. 山东大学环境科学硕士学位论文, 1~101.

参 考 文 献 / References

- 冯素萍, 鞠莉, 沈永, 裘娜, 李鑫, 祝培明, 王伟. 2006. 沉积物中重金属形态分析方法研究进展. 化学分析计量, 15(4):72-74.
- 黄清辉, 王东红, 王春霞, 马梅, 王子健. 2004. 太湖梅梁湾和五里湖沉积物磷形态的垂向变化. 中国环境科学, 24(2): 147-150.
- 金星, 王林, 祁云宽, 刘宇, 陆娅. 2011. 磷矿开发对星云湖总磷污染影响研究. 环境科学导刊, 30(6):78-80.
- 刘颐华. 2005. 我国与世界磷资源及开发利用现状. 磷肥与复肥, 20(5): 1-5.
- 施为光, 杨菊仙. 1997. 四川省清平地区磷矿废渣对水体的影响研究. 农村生态环境, 13(2):21-24.
- 施为光. 2000. 磷矿区新建水库的富营养化趋势与防治. 湖泊科学, 12(2): 132-139.
- 施泽明, 倪师军, 张成江, 葛良全, 郑林, 裴云倩. 2012. 沱江流域磷矿开采和加工过程中放射性环境问题探讨. 地球科学进展, 27(10): 1134-1139.
- 宋昊, 施泽明, 倪师军, 张成江, 郑林, 黄小东. 2011. 四川省绵远河水系重金属物源探讨及环境质量评价. 地球与环境, 39(4):543-540.
- 袁浩, 顾尚义, 王雨春. 2008. 水体沉积物重金属的赋存形态及其质量评价方法的研究进展. 黑龙江科技信息, (9): 29-30.
- 岳宗恺, 马启敏, 张亚楠, 韩雪. 2013. 东昌湖表层沉积物的磷赋存形态. 环境化学, 32(2):219-224.
- Memet Varol. 2012. Assessment of nutrient and heavy metal contamination in surface water and sediments of the upper Tigris River, Turkey. Catena, 92:1-10.