

# 羟基磷灰石在环境治理中的应用进展

夏祥华, 屈啸声\*, 李刚, 钟桃珍

(广西药用植物园西南濒危药材资源开发工程实验室, 广西南宁 530021)

**摘要:**随着经济需求的不断加强和制造业规模的不断提高,环境中的重金属污染问题日趋严重.羟基磷灰石具有较强的离子交换能力、多位点吸附及可调变的酸碱性质,使其在重金属离子废水处理等方面倍受关注.该文综述了羟基磷灰石在含重金属离子的废水处理方面的应用,并对该领域的研究方向和前景进行了展望.图1,参31.

**关键词:**羟基磷灰石;重金属;吸附;污染处理

**中图分类号:**X52/53      **文献标识码:**A

近年来,由于中国工业化进程的持续发展,水和土壤中重金属超标问题,以及各种工业助剂、副产物等的污染问题已经成为制约我国经济发展的突出问题,虽然我国废水的处理率在不断提高,但是传统环保工艺和环保材料已不能满足现有需求,寻求更为绿色环保的环境修复工艺和材料已经成为环境保护研究人员的重要课题.此外,乡镇企业生产过程中使用重金属盐,排污不当,环保措施力度不够等造成的农用土壤污染问题也是日益严重.而农用土壤重金属污染还可进一步带来相关水体、农作物产品等的污染,进一步威胁到人的健康.如何处理和修复这些生产过程中造成的受污染土壤,也成为农业生产安全上的一个重大问题.

羟基磷灰石(Hydroxyapatite)由于特殊的孔状结构和表面化学性质,已成为修复重金属环境污染的重要材料<sup>[1]</sup>,并在工业废水治理、废气治理等方面也得到广泛成功的应用,且显示出极大利用价值<sup>[2-7]</sup>.值得注意的是,农产品中的鱼类和各种家畜骨骼中含有丰富的羟基磷灰石成分.而这些农产品的骨骼通常是作为加工副产物被抛弃,不但没有得

到充分利用,还容易造成环境污染.为提高对上述农产品中骨骼等加工副产物的利用率,研制一种对农村而言,既来源丰富,成本相对较低的新产品,提高农产品价值,又能同时用于农村受重金属离子污染的水源、土壤处理,有必要对羟基磷灰石在上述方面的用途进行阐述,引起重视.本文主要集中讨论羟基磷灰石在处理废水和土壤中重金属离子方面的性能和影响因素.

## 1 羟基磷灰石的结构特性

羟基磷灰石的化学式为  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , 晶体结构为六角柱体,属于六方晶系.晶胞参数为  $a_0 = b_0 = 0.943 \sim 0.938 \text{ nm}$ ,  $c_0 = 0.688 \sim 0.686 \text{ nm}$ ,  $z = 2$ ,  $\alpha = \beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$ , 属于 L6PC 对称型和 P63/m 空间群.

羟基磷灰石单个晶胞含有 10 个  $\text{Ca}^{2+}$ 、6 个  $\text{PO}_4^{3-}$  和 2 个  $\text{OH}^-$ . 但其中  $\text{Ca}^{2+}$  的位置可以分为两种不同类型:Ca(I) 配位数为 9, 其中包括 6 个带负电荷的氧原子;Ca(II) 配位数为 7, 其中包括 3 个带负

收稿日期:2016-06-12

基金项目:广西科技攻关项目资助(编号:11107011-3;编号:1222015-3A)

作者简介:夏祥华(1978-),男,河南鹤壁人,博士,助理研究员,研究方向:分析化学,材料化学等.

\* 通讯作者,E-mail:239653129@qq.com

电荷的氧原子.故在水相环境中,Ca(I)位置带较强的负电荷,对重金属离子和其它带有正电荷的化合物分子之间存在较强的静电相互作用,能够吸附上述粒子.同时,由于羟基磷灰石整个晶体结构中形成了平行于晶体长轴的较大通道,使得通道中的  $\text{Ca}^{2+}$  易于被其它离子置换替代.这一特殊的结构特点赋

予了羟基磷灰石吸附重金属离子的能力.见图 1.

此外,羟基磷灰石还具有良好的亲水性,且在酸性条件下易溶解,故常被用于治理环境中重金属污染.它对重金属离子的吸附具有吸附性强、操作简便、成本低、易解吸附,而且脱附时的释放率较低,二次污染少等特点<sup>[8]</sup>.

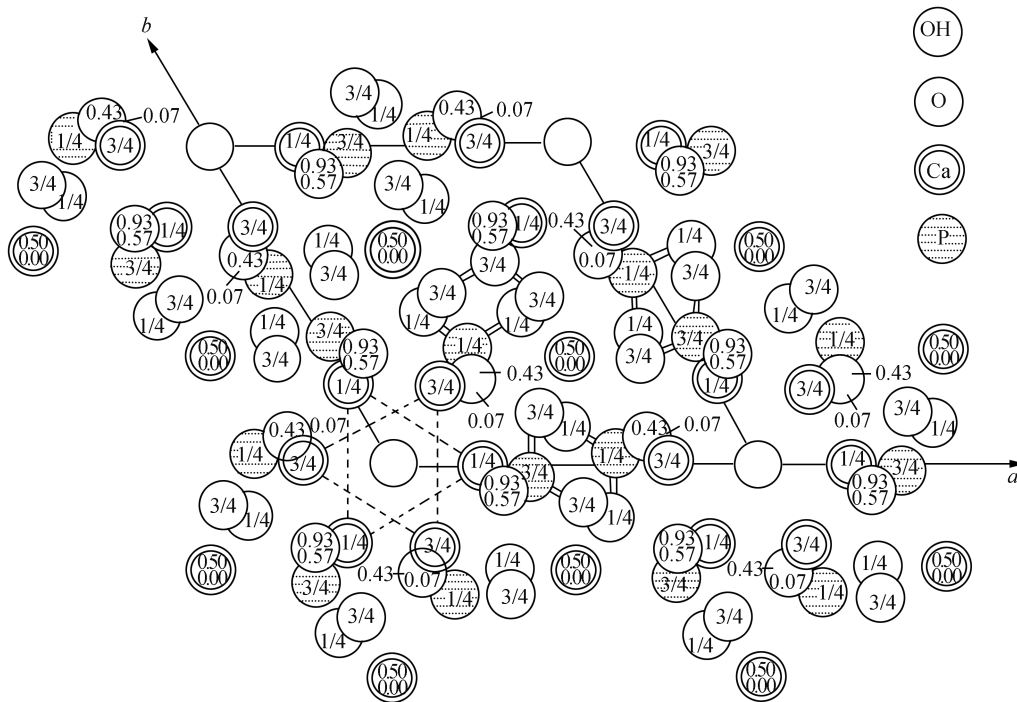


图 1 羟基磷灰石在 0001 面上的晶体结构投影示意图

Fig.1 Schematic diagram of the crystal structure of hydroxyapatite on 0001 sides

## 2 羟基磷灰石在重金属吸附中的应用

羟基磷灰石具有多方面的用途,因为是人体牙齿和骨骼的天然成分之一,生物兼容性好,故往往被用于充当牙齿填充材料和人造骨骼,或用做某些药物的载体.此外,由于羟基磷灰石具有良好的重金属吸附能力,它还可以用于重金属离子吸附处理.处理水相和土壤中的重金属离子污染是羟基磷灰石的两个最重要的应用.

### 2.1 羟基磷灰石处理废水中的重金属离子

羟基磷灰石能够吸附水相中多种常见的重金属离子,在处理含有单一种类重金属离子的废水

时,表现出了良好的净化能力.文献[9]研究了羟基磷灰石吸附废水中不同金属离子的能力,实验结果表明,羟基磷灰石对绝大多数重金属具有良好的吸附作用.而被吸附的重金属离子被固定化在晶格中,不会产生二次污染.文献[10]在优化条件下发现羟基磷灰石可有效吸附水中的  $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Ni}^{2+}$  离子.文献[11]利用羟基磷灰石分别吸附水中的  $\text{Cu}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$ ,实验结果表明,水中 97%的  $\text{Cu}^{2+}$  和 94%的  $\text{Zn}^{2+}$  都被羟基磷灰石去除.文献[12]研究了羟基磷灰石对  $\text{Co}^{2+}$  的吸附,研究结果显示,羟基磷灰石对  $\text{Co}^{2+}$  的吸附能力在 0.13 ~ 0.30 mmol/g 范围内.文献[13,14]将羟基磷灰石用于处理废水中的  $\text{Cr}^{2+}$ ,实验结果显示,该方法能有效净化被  $\text{Cr}^{2+}$  和铀污染

的水。

但羟基磷灰石对不同金属离子的吸附作用强弱不同,在面对不同重金属离子或混合重金属离子时将表现出吸附的优先选择性。从被吸附重金属离子本身的价态来看,文献[15]对比研究了羟基磷灰石对多种三价金属离子( $\text{Fe}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cr}^{3+}$ )和二价金属离子( $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$ 、 $\text{Cd}^{2+}$ )的吸附能力。实验结果显示,羟基磷灰石对二价金属的吸附效果优于对三价金属离子的吸附效果。这可能是由于价态差异,导致三价金属离子要代替羟基磷灰石晶体晶格中的钙离子时要产生较大的静电作用和晶胞结构变化,热力学上较为困难,故仅仅以吸附为主,阳离子交换和取代很少。表现出来的净结果就是对非二价金属离子的吸附量降低。

同时,羟基磷灰石对同为二价的不同重金属离子的吸附能力也不相同。文献[16]研究了羟基磷灰石对 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 和 $\text{Zn}^{2+}$ 三种二价重离子的吸附能力,研究结果显示,羟基磷灰石对上述三种单一金属离子的吸附能力分别为138 mmol/kg、114 mmol/kg和83.2 mmol/kg,对半径较大的二价铅离子反而吸附能力最强。这一吸附能力的差异也表现在对三种金属离子同时进行吸附的过程中。在处理同时含有上述三种重金属离子的混合溶液时,羟基磷灰石分别吸附的三种重金属离子的总量与仅处理一种重金属离子时的吸附总量相比,分别下降了15.2%、48.3%和75.6%,但吸附的总离子量反而升高了。文献[17]研究了人工合成的羟基磷灰石吸附水中 $\text{Cu}^{2+}$ 和 $\text{Zn}^{2+}$ ,研究结果显示,温度在 $25 \pm 2$  °C,总金属离子浓度在0~8 mmol/L的范围内时,羟基磷灰石对 $\text{Cu}^{2+}$ 和 $\text{Zn}^{2+}$ 的吸附能力分别随水溶液中相应金属离子浓度的升高而升高,分别为0.016~0.764 mmol/g和0.015~0.725 mmol/g,而用于二种重金属离子的混合溶液中时,对 $\text{Cu}^{2+}$ 和 $\text{Zn}^{2+}$ 的吸附能力分别下降了13%~76%和10%~63%。

文献[18-20]研究多种因素对羟基磷灰石吸附重金属离子性能的影响,包括吸附时的温度、羟基磷灰石和重金属废水的混合速度、两者的反应速率、羟基磷灰石或重金属离子废水的添加速率、单位质量羟基磷灰石吸附重金属离子量的极限,以及

单位质量羟基磷灰石达到吸附量极限所需的时间等。研究结果显示,上述多种因素中,仅有温度因素对羟基磷灰石的结构和吸附能力有着严重影响,而其它因素影响极小。这充分说明,只要温度保持稳定,羟基磷灰石可以适用于各种复杂的环境中并保持良好的重金属离子吸附性能,是一种“广谱”材料,方便在技术能力不高的农村使用。

特别的,对比其它材料,羟基磷灰石也体现出了可以用于多种不同的复杂环境而性能保持相对稳定,应用范围相对较广的特点。文献[21]对比研究了羟基磷灰石吸附 $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 与 $\text{Co}^{2+}$ 能力,研究结果显示,在pH 6~9范围内羟基磷灰石对上述三种金属离子都有很好的吸附能力。文献[22]研究了用羟基磷灰石吸附 $\text{VO}^{2+}$ ,实验结果表明,酸度在pH 3.5,温度在288 k条件下,羟基磷灰石对 $\text{VO}^{2+}$ 较好的吸附能力。文献[23]将羟基磷灰石用于处理污染水中的重金属,研究结果发现,羟基磷灰石在强氧化剂和强还原剂条件下对重金属的吸附能力稳定,且性能良好,优于一些有机类重金属离子吸附剂的表现。

目前,除天然羟基磷灰石外,各种人工合成或修饰的羟基磷灰石都被用于水相重金属离子的吸附处理中,以期获得更好的处理效果。如文献[24]通过煅烧蛋壳合成了碳基羟基磷灰石并考察了该碳基羟基磷灰石对废水中的 $\text{Ni}^{2+}$ 的吸附效果及其影响因素。优化条件后,碳基羟基磷灰石可极好地吸附处理废水中的 $\text{Ni}^{2+}$ 。文献[25]将生物高分子材料包裹大孔羟基磷灰石泡沫,用于处理被重金属离子污染的饮用水。结果表明,该羟基磷灰石材料能快速高效处理水中 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Cr}^{2+}$ ,同时成本远低于其它方法。文献[26]通过过饱和溶解天然大孔磷酸盐矿石后再结晶方法制备了介孔羟基磷灰石材料,该材料在捕捉废水中 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 金属离子时显示了良好的性能。文献[27]将人工合成的纳米羟基磷灰石用于去除水中 $\text{Cr}^{2+}$ ,研究结果显示,在水中 $\text{Cr}^{2+}$ 浓度为400 mg/L时,所得纳米羟基磷灰石的吸附能力为142~202 mg/g。

## 2.2 羟基磷灰石处理土壤中的重金属离子

羟基磷灰石还可直接用于处理和修复受重金

属离子污染的土壤.如文献[28]研究了比较了羟基磷灰石和其它钙的磷酸盐对土壤的修复能力,研究结果显示羟基磷灰石对  $\text{Cd}^{2+}$ 、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$  的吸附能力强于磷酸盐岩石、过磷酸钙、二胺磷酸钙,在一定条件下使土壤中三种金属离子含量分别降低了 34.6%~53.3%、31.2%~47.3%和 39.1%~42.4%。

但进一步研究表明,羟基磷灰石固定土壤中重金属离子的作用机制是不一样的.文献[29]将羟基磷灰石混入腐殖质和非腐殖质(3:1)混合土壤中,并研究了羟基磷灰石对其中含有的多种重金属离子的固定化过程.实验结果表明, $\text{Pb}^{2+}$  是通过吸附过程被固定的, $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Cd}^{2+}$  则是同时通过沉淀和离子交换等其它多个过程被固定的。

此外,羟基磷灰石对土壤中重金属离子的固定也会受到多种因素的影响,如土质.文献[30]将羟基磷灰石材料用于处理污水淤泥中的  $\text{Zn}^{2+}$  和  $\text{Ni}^{2+}$ ,实验表明, $\text{Zn}^{2+}$  的迁移淋溶与土壤的性质有关.羟基磷灰石对粘壤和泥炭含量较高的土壤中的  $\text{Ni}^{2+}$  和  $\text{Zn}^{2+}$  吸附效果不明显,这可能是因为泥炭本身也具有强的表面吸附性能造成的.文献[31]则研究了羟基磷灰石颗粒对  $\text{Pb}^{2+}$  的处理能力与颗粒本身粒径大小的关系,实验结果表明,羟基磷灰石颗粒的粒度越小越有利于材料对  $\text{Pb}^{2+}$  的处理.这是因为等质量的羟基磷灰石粒度越小,其比表面积越大.而羟基磷灰石对  $\text{Pb}^{2+}$  的作用主要以吸附固定为主,故比表面积越大,能吸附的  $\text{Pb}^{2+}$  的量越多.这一结果表明,今后基于羟基磷灰石的重金属吸附材料宜制备成粒度小,比表面积大的形式。

### 3 展 望

羟基磷灰石由于其独特的理化性能,出色的金属吸附能力,已经成为环境重金属污染修复和重金属回收等方面的重要材料.随着科技工作者的不断努力,改性型、搀杂修饰处理后的新型磷灰石材料将在环境中重金属污染处理方面得到更为广泛的应用.特别是进一步将各种合成的或搀杂修饰的磷灰石材料的粒径尺寸降低到介观乃至纳米范围后,可以预期这些羟基磷灰石材料的表面性质和吸附

性能将会更有显著的提高.这将使羟基磷灰石在重金属污染处理中的应用得到进一步推广。

#### 参考文献:

- [1] 夏阳华,熊惟皓.环境材料的研究及进展.材料导报[J], 2002,16(8): 33-35,38.  
Xia Yang-hua, Xiong Wei-hao. Progress in Research on Ecomaterials [J]. Materials Review, 2002, 16(8): 33-35,38.
- [2] 胥焕岩,刘羽,彭明生.碳羟基磷灰石吸附水溶液中镉离子的动力学研究[J].矿物岩石,2004(1):108-112.  
Xu Huan-yan, Liu Yu, Peng Ming-sheng. Kinetic Research on the Absorption of Aqueous Cadmium on Carbonate Hydroxyapatite [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2004, 24(1): 108-112.
- [3] 胥焕岩.磷灰石对水溶液中镉离子的去除行为及其作用机理研究[D].广州:中山大学环境科学与工程学院,2004.  
Xu Huan-yan. Study on the Removal Behavior and Mechanism of Aqueous Cd Ion by Apatites. Doctor dissertation, 2004.
- [4] 胥焕岩,刘羽,彭明生.一种新型环境矿物材料在废水处理中的应用研究.[J].环境污染治理技术与设备, 2002,3(12):12-15.  
Xu Huan-yan, Liu Yu, Peng Ming-sheng. Application of a new environmental mineral material in wastewater treatment. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2002,3(12):12-15.
- [5] 胥焕岩,彭明生,刘羽,等.一种新型环境矿物材料在废水治理中的应用研究——硅质磷块岩吸附水溶液中镉离子的研究[J].环境污染治理技术与设备,2003,4(5):15-18.  
Xu Huan-yan, Peng Ming-sheng, Liu Yu, et al. Application of a new environmental mineralogical material in wastewater treatment- Study on the sorption of aqueous cadmium ion with siliceous phosphorite. Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control, 2003,4(5): 15-18.
- [6] 胥焕岩,徐昕荣,刘羽,等.一种新型环境矿物材料在废水治理中的应用研究——磷矿石去除水溶液中铅离子和镉离子的对比研究[J].环境污染治理技术与设备,2003,4(4):27-30.  
Xu Huan-yan, Xu Xin-rong, Peng Ming-sheng, et al. Applica-

- tion of a new environmental mineralogical material in wastewater treatment- Comparative investigation on the removal of aqueous lead and cadmium ion with phosphorite. *Techniques and Equipment for Environment Pollution Control*, 4(4): 27-30.
- [7] 胥焕岩, 彭明生, 刘羽. pH 值对羟基磷灰石除镉行为的影响 [J]. *矿物岩石地球化学通报*, 2004, 23(4): 305-309.
- Xu Huan-yan, Peng Ming-sheng, Liu Yu. Impact of pH on the Removal of Aqueous Cadmium ion by Hydroxyapatite. *Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry*, 2004, 23(4): 305-309.
- [8] Sheha R R. Sorption behavior of Zn (II) ions on synthesized hydroxyapatites [J]. *Journal of Colloid and Interface Science*, 2007, 310(1): 18-26.
- [9] 刘羽, 胥焕岩, 黄志良等. 羟基磷灰石吸附水溶液中  $\text{Cd}^{2+}$  的影响因素的研究. [J]. *岩石矿物学杂志*, 2001, 20(4): 583-586.
- Liu Yu, Xu Huan-yan, Huang Zhi-liang, et al. Factors Affecting the Adsorption of Aqueous Cadmium (II) on Hydroxyapatites. *Acta Petrologica Et Mineralogica*, 2001, 20(4): 583-586.
- [10] Zupancic M, Bukovec N, Milacic R, Scancar J. Comparison of various phosphate stabilisation agents for the immobilisation of  $\text{Ni}^{2+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$  in sewage sludge water. [J]. *Air and Soil Pollution*, 2004, 156: 57-69.
- [11] Corami A, Mignardi S, Ferrini V. Copper and zinc decontamination from single and binary-metal solutions using hydroxyapatite. [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 146(1-2): 164-170.
- [12] Suzuki T, Hatsushika T, Miyake M. Synthetic hydroxyapatites as inorganic cation exchangers. Part 2. [J]. *Chem. Soc. Faraday Trans.* 1982, 78: 3 605-3 611.
- [13] Jeanjean J, Vincent U, Fedoroff M. Structural Modification of calcium hydroxyapatite induced by sorption of cadmium ions [J]. *Solid State Chem*, 1994, 108: 68-72.
- [14] Jeanjean J, Rouchaud J C, Tran L, et al. Sorption of uranium and other heavy metals on hydroxyapatite [J]. *J Radioanal Nucl Chem Lett*, 1995, 201(6): 529-39.
- [15] Rotting T S, Cama J, Ayora C, et al. Use of caustic magnesia to remove cadmium, nickel and cobalt from water in passive treatment systems: column experiments [J]. *Environ. Sci. Technol*, 2006, 40: 6 438 - 6 443.
- [16] Cao Xin-de, Ma Lena Q, Rhue D R, et al. Mechanisms of lead, copper, and zinc retention by phosphate rock [J]. *Environmental Pollution*, 2004, 131(3): 435 - 444.
- [17] Corami A, Mignardi S, Ferrini V. Copper and zinc decontamination from single and binary-metal solutions using hydroxyapatite [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2007 146: 164-170.
- [18] Baillez S, Nzihou A, Bernache-Assolant D, et al. Removal of Aqueous lead ions by hydroxyapatites: equilibria and kinetic processes [J]. *Hazard. Mater.* 2007, 139(3): 443 - 446.
- [19] Smiciklas I, Onjia A, Raicevic S. Experimental design approach in the synthesis of hydroxyapatite by neutralization method [J]. *Sep. Purif. Technol*, 2005, 44: 97-102.
- [20] Smiciklas I, Onjia A, Markovic J, et al. Comparison of hydroxyapatite sorption properties towards cadmium, lead, zinc and strontium ions [J]. *Mater. Sci. Forum*. 2005, 494: 405-410.
- [21] Gomez D R, Morando J A, Cicerone P J. Natural materials for treatment of industrial effluents: comparative study of the retention of Cd, Zn and Co by calcite and hydroxyapatite. Part I: batch experiments [J]. *Environ. Manage.* 2004, 71(2): 169-177.
- [22] Narda G E, Vega E D, Pedregosa J C, et al. Uber die wechselwirkung des Vanadyl(IV)-Kations mit Calcium-Hydroxyapatit [J]. *Z Naturforsch*, 1992, 47: 395-398.
- [23] Fuller C C, Bargar J R, Davis J A, et al. Mechanism of uranium interactions with hydroxyapatite: implications for groundwater remediation [J]. *Environmental Science and Technology*, 2002, 36(2), 158-165.
- [24] 董春华, 张永霞. 碳羟基磷灰石对废水中  $\text{Ni}^{2+}$  的吸附性能研究 [J]. *中国科技信息*, 2010, (9): 18-20.
- Dong Chun-hua, Zhang Yong-xia. Study on Carbonate Hydroxyapatite's Adsorption Capacity for Nickel (II) from Waste water. *China Science and Technology Information*, 2010, (9): 18-20.
- [25] Vila M, Sdnchez-Salcedo S, Cicurndez M, et al. Novel biopolymercoated hydroxyapatite foams for removing heavy-metals from polluted water [J]. *Hazard. Mater.* 2011, 192(1): 71-77.
- [26] Asri S. E, Laghzizil A, Coradin T, et al. Conversion of natural phosphate rock into mesoporous hydroxyapatite for heavy metals removal from aqueous solution [J]. *Colloids*

- and Surf A; Physicochemical and Engineering Aspects, 2010, 362(1-3):33-38.
- [27] Mobasherpour I, Salahi E, Pazouki M. Removal of divalent cadmium cations by means of synthetic nano crystallite hydroxyapatite. *Desalination*, 2011, 266: 142 -148.
- [28] Chen Shi-bao, Xu Ming-gang, Ma Yi-bing, et al. Evaluation of different phosphate amendments on availability of metals in contaminated soil [J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2007, 67(2):278-285.
- [29] Praila V K C, Chandra S S, Virendra M. Sorption kinetics and leachability of heavy metal from the contaminated soil amended with immobilizing agent (humus soil and hydroxyapatite) [J]. *Chemosphere*, 2006, 64(7): 1 109-1 114.
- [30] Marija Z, Peter B, Radmila M, Janezcancar. Critical evaluation of the use of the hydroxyapatite as a stabilizing agent to reduce the mobility of  $Zn^{2+}$  and  $Ni^{2+}$  in sewage sludge amended soils [J]. *Waste Management*, 2006, 26: 1 392-1 399.
- [31] Shigerm S, Takuya I, Hiromori M, Hiromu H, et al. Effect of calcinations and sieving of calcium hydroxyapatite on ion-exchangeability with lead cation in the presence and absence of HCl [J]. *Advances in Environmental Research*, 2002, 6:285-289.

## Review on Application of Hydroxyapatite in Environmental Governance

XIA Xiang-hua, QU Xiao-sheng, LI Gang, ZHONG Tao-zheng

(National Engineering Laboratory of Endangered Medicinal Resources in Guangxi Medicinal Plant Garden, Nanning, 530021, China)

**Abstract:** With the increase of economic demand and manufacturing scale, the environmental problems caused by heavy metal pollution became increasingly serious. Showing good performance in the ion-exchanging ability, multiple-sites adsorption and versatile pH adaptation, hydroxyapatite received more concerns on its potential applications on treatment of wastewater containing heavy metal ion. Some applications of hydroxyapatite in the treatment of wastewater and soil polluted by heavy metal ion were reviewed, and the prospect and trends of hydroxyapatite in the field were also discussed. 1 fig., 11 refs.

**Keywords:** hydroxyapatite; heavy metals; adsorption; pollution treatment

**Biography:** XIA Xiang-hua, male, born in 1978, research assistant, Ph. D., analytic chemistry and material chemistry.