

## 矿物资源绿色加工

## 赤泥的基本属性与综合利用

王宁\*, 顾汉念, 查磊

中国科学院地球化学研究所 地球内部物质高温高压院重点实验室, 贵州 贵阳 550081

赤泥的综合利用与资源化问题是世界性难题。大量堆存的赤泥既占用土地, 又涉及资源、环境问题。赤泥的碱性和所含的重金属元素会对周边的土壤、水系等造成危害; 赤泥中有价元素得不到经济有效的回收利用, 又涉及资源浪费问题。赤泥综合利用的门路广泛, 却又因为赤泥存在的差异, 在每一方法上都有工艺技术的瓶颈, 制约了赤泥大规模综合利用的推广。赤泥的基本属性可以指导赤泥的综合利用途径。本文概括了赤泥所具备的资源属性、材料属性和环境属性, 旨在揭示属性与赤泥综合利用间的关系。

## 一、赤泥的资源属性

赤泥中的主量元素 Fe (Cengeloglu et al., 2005; Liu et al., 2014)、Al (Li et al., 2009)、Na (Meher et al., 2011)、Si、Ti (Picaro et al., 2002; Agatzini-Leonardou et al., 2008)和 Ca 都具有回收利用价值。铝土矿伴生的有价微量元素 Sc(Wang et al., 2013)、REEs(Abhilash et al., 2014)、Y、Ga、Th 等元素同样可作为重要的资源, 加以回收利用, 其中 REEs 甚至被欧盟视为具有战略意义的重要资源(Deady et al., 2014)。因此, 赤泥的资源属性是赤泥的重要属性。

## 二、赤泥的材料属性

将赤泥作为原料或添加料用于建筑材料被认为是赤泥综合利用研究的热点方向之一(Paramguru et al., 2005; 刘万超等, 2008; Liu et al., 2009; Ribeiro et al., 2012; Manfroi et al., 2013), 该途径是大量消耗赤泥的重要途径, 诸如墙砖、水泥。赤泥用于建材领域的具体方案, 既包括脱碱等简单处理后的赤泥直接加以利用, 又包括将回收有价元素后的赤泥残渣用于建材(刘万超等, 2008)。

利用赤泥的颗粒尺寸小、比表面积大, 可作为吸附剂、絮凝剂用于水处理等领域(Wang et al., 2008; Castaldi et al., 2012; Zhang, et al., 2012; Lv et al., 2013; Zhang, et al., 2014); 赤泥含有的铁、钛、碱以及其它金属氧化物, 使其具备催化功能(Paredes et al., 2004; Wang et al., 2008), 在有机化工领域代替贵金属作为催化剂使用(Sushil and Batra, 2008)。此外, 还有以赤泥作为前驱体合成新相, 作为催化剂、水体吸附剂等(Balakrishnan et al., 2009; Sushil et al., 2010; Pulford et al., 2012)。事实上, 这些方向的利用与研究可归结为赤泥的功能材料属性。

## 三、赤泥的环境属性

赤泥的环境属性同样是赤泥的基本属性, 主要指赤泥所具有的强碱性、放射性、所含重金属元素的淋滤性会对周边环境, 或在使用时造成危害和威胁。赤泥的堆置处理占用大量土地, 碱化土壤, 污染地下水及地表水, 排放入海则危害海

基金项目: 国家自然科学基金(41402039); 中国科学院地球化学研究所领域前沿项目(Y3CJ007000)。

\*通讯作者: 王宁(1964-), 男, 博士, 研究员, 主要从事环境矿物学领域研究. E-mail: nwang@vip.gyig.ac.cn

洋生态。赤泥的脱碱、中和既是排放堆存的环境要求,又是综合利用的需要(Doye and Duchesne, 2003; Khaitan et al., 2009)。

除碱性外,赤泥对环境的危害主要还表现在:①重金属元素,如 Cr、As、Cu 等。赤泥中总 Cr 的含量可达 400  $\mu\text{g/g}$  以上,其中可溶性的 Cr(VI)约 0.15  $\mu\text{g/L}$ ,对环境的影响不容忽视(Milačić et al., 2012)。新鲜赤泥中的 Cu 含量在 41.3  $\mu\text{g/g}$  左右,总可溶态为 11.18  $\mu\text{g/g}$  (Ghosh et al., 2011)。②非金属元素,如 Cl、F 等。日本赤泥中 Cl 含量在 0.1-0.3%左右(Hyun et al., 2005)。新鲜赤泥样品中 F 含量高达 5866  $\mu\text{g/g}$ ,其中可溶态和可交换态氟可对赤泥堆场的地下水造成污染(袁霄梅等, 2008)。③天然放射性元素,如贵州地区赤泥中 U、Th 含量分别达到 17.1-44.1  $\mu\text{g/g}$ , 98.5-116  $\mu\text{g/g}$  (Gu et al., 2012)。