

潮湿甲烷高效纯化的可逆水缓冲框架材料研究取得进展

天然气主要由甲烷(CH_4)组成,因其能量密度高且碳排放量相对较低,被视为重要的战略能源和化石燃料的清洁替代能源。为了达到工业应用和民用燃料标准,管道天然气中的乙烷(C_2H_6)、丙烷(C_3H_8)及微量水等杂质需在运输和使用前彻底去除。微量水的存在通常会对气体分离过程产生影响:一方面,水分子会竞争吸附位点,导致吸附剂性能急剧衰减;另一方面,多数金属有机框架材料(MOFs)在水分子作用下会发生金属节点水解或配体-金属键断裂,进而引发多孔材料结构坍塌。

针对上述问题,中国科学院福建物质结构研究所研究员吴明燕团队设计并合成了一种具有水缓冲功能的MOFs材料。该材料在水分子吸附/脱附过程中表现出独特的单晶-单晶可逆结构转变特性,使其在潮湿环境下仍能维持优异的分性能。研究人员通过单晶X射线衍射分析发现,水合相FJI-W101a与脱水相FJI-W101b之间可通过金属节点配位水的可逆得失,实现二维层状结构与三维框架结构的动态转换。虽然FJI-W101a与FJI-W101b具有不同的结构,但两者均对体积较大的 C_3H_8 和中等尺寸的 C_2H_6 分子表现出显著的选择性吸附能力,且均对 CH_4 的吸附量相对较低。

同时,该材料的独特性能使其适用于潮湿环境下的管道天然气纯化。突破分离实验表明,在100%相对湿度条件下,FJI-W101b仍可高效分离 $\text{CH}_4/\text{C}_2\text{H}_6/\text{C}_3\text{H}_8$ (85/7.5/7.5, v/v)三元气体混合物,并以 $7.2\text{mmol} \cdot \text{g}^{-1}$ 的高产率获得高纯度 CH_4 。进一步,研究人员通过程序升温调控开展了一系列原位吸附和突破分离实验,证实了水合相FJI-W101a在潮湿环境下对 C_2H_6 和 C_3H_8 同样具有优异的吸附分离能力,且经原位加热活化,FJI-W101a可完全转化为FJI-W101b。突破分离实验表明,其分离性能与新鲜制备的材料一致,验证了此类水缓冲材料用于天然气纯化的可行性。此外,FJI-W101a与FJI-W101b具有良好的结晶性,可通过单晶X射线衍射分析捕获在孔道中的客体分子结构,精确地揭示孔道结构对 C_2H_6 和 C_3H_8 分子的选择性吸附作用。

该研究为开发具有可逆水缓冲性能的新型多孔气体分离材料提供了新思路。

近期,相关研究成果以Reversible Trace-water-buffering Frameworks for Efficient Humid Methane Purification为题,发表在《德国应用化学》(Angew. Chem. Int. Ed.)上。研究工作得到国家自然科学基金委员会、中国科学院等的支持。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/233281.html>