

· 专题 1: 矿物结构与矿物表面过程 ·

纳米管状黏土矿物埃洛石和伊毛缟石的研究意义

袁鹏

中国科学院 矿物学与成矿学重点实验室, 广东省矿物物理与矿物材料重点实验室,
中国科学院 广州地球化学研究所, 广州 510640

纳米地球科学(Nanogeoscience)是近20年发展起来的地质新兴研究方向之一。纳米尺度的天然矿物及其纳米效应是纳米地球科学的重要研究对象和研究内容。根据Hochella M.F.等(2008)所提出的、目前已广为接受的分类,纳米尺度的矿物可分为矿物纳米颗粒(Mineral Nanoparticles)和纳米矿物(Nanominerals)。矿物纳米颗粒是指能以常规尺寸存在的矿物的纳米级(至少在一个维度上处于1~100 nm)微细颗粒。例如,自然界中存在着许多金属氧化物矿物的纳米颗粒。而纳米矿物则指只以纳米尺度(而不能以常规尺寸)的形式存在的矿物。因此,后者在自然界中的类型比前者少得多。纳米管状黏土矿物是一类独特的纳米矿物,其颗粒呈纳米尺度且具空心管状微结构。目前已发现的纳米管状黏土矿物主要有纤蛇纹石、埃洛石和伊毛缟石。其中,伴随着石棉行业的长期发展,对纤蛇纹石(工业上称温石棉)的研究已非常丰富(王长秋等,2003;董发勤,2017)。埃洛石和伊毛缟石则由于其颗粒更为细微(例如,其纳米管长度比纤蛇纹石短得多),研究程度较低。埃洛石属高岭石族矿物,其化学成分与高岭石相似,但其结构单元层被水分子层隔开(高岭石层间无水)。埃洛石主要产出于岩石风化壳或土壤中,可由长石、云母等多种矿物转化而成(Chadwick等,2003;Lu等,2016)。其管长度通常为亚微米到几微米,外径约20~190 nm,内径约10~100 nm(Yuan等,2016)。伊毛缟石则呈内径仅1~2 nm的单壁铝硅酸盐纳米管,其管壁类似于卷曲的三水铝石片,但其管内羟基为(SiO₃)OH而非三水铝石的铝羟基。伊毛缟石常与水铝英石、埃洛石等矿物共生,产出于火山岩的风化壤中(Thill,2016)。

近十年来,随着高分辨电子显微镜和矿物谱学等研究方法的发展及其在纳米管状黏土矿物研究中的应用,对埃洛石和伊毛缟石结构和表面性质的认识得以持续深入(Yuan等,2016)。这推动了相关学科对该类特殊矿物的关注,使得埃洛石和伊毛缟石用于纳米材料、催化和吸附等领域的研究近年来不断增加。相较于合成纳米管(如碳纳米管),埃洛石和伊毛缟石具有如下显著特点:1)资源比较丰富,廉价易得。2)管径尺寸的范围大(从伊毛缟石的几纳米到埃洛石的几十纳米)。3)表面基团类型和赋存位置形式丰富,且二者的表面基团类型近乎相反(Yuan等,2008;2015)。实际上,不妨将埃洛石和伊毛缟石视作独特的纳米管状矿物“对(Pair)”,其结构和性质本身呈现出高度的多样性,且对其进行调控具有丰富的可能性。值得一提的是,上述2种矿物在中国都有产出,埃洛石储量更是堪称丰富,其资源利用前景值得重视。

另一方面,埃洛石和伊毛缟石在地球物质循环尤其是表生地球化学过程中的作用同样需要重视。上述纳米矿物在风化壳和土壤等环境中广泛赋存,其比表面积大(伊毛缟石可达400 m²/g),潜在界面作用多样;因此,在相关元素物质循环过程中可能承担的角色及其机理值得进一步探索。开展相关研究,可望对理解成矿元素的富集和赋存(如风化壳淋积型稀土矿中稀土元素的赋存;刘容等,2016)或污染物迁移、转化等过程具有重要价值。综上,埃洛石和伊毛缟石是特殊而珍贵的天然纳米矿物,其结构和性质的研究尚有广阔的空间,值得矿物学、表生地球化学、环境科学和矿物资源利用等学科的研究者投入更多的研究努力。

基金项目:国家自然科学基金项目(41072032,41472045)

作者简介:袁鹏(1975-),男,研究员,研究方向:矿物表-界面作用。E-mail: yuanpeng@gig.ac.cn.