

A05.矿物与油气田材料

分会主席：杨华明、周莹、汪灵、张覃、杨绍斌

A05-01

大宗工业固体废物在混凝土中的研究进展

张覃

- 1.贵州大学
- 2.喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室
- 3.贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室

大宗工业固体废物综合利用是节能环保战略性新兴产业的重要组成部分,解决大宗工业固体废物不当处置与堆存所带来的环境污染和安全隐患的治本之策。本文基于当前我国大宗工业固体废物资源及处置现状,重点介绍了贵州煤、磷、铝、锰四种优势矿产及其典型工业固体废物(粉煤灰、黄磷渣、磷石膏、赤泥、电解锰渣)资源概况,全面综述工业固体废物在混凝土中的研究进展;并结合其用于混凝土试验研究结果,从粉煤灰和赤泥对黄磷渣混凝土性能的影响,磷、氟对黄磷渣混凝土水化过程影响,赤泥对磷石膏混凝土活性的影响,电解锰渣活性激发及水泥掺合料制备四个方面进一步介绍其作混凝土掺合料的应用研究;最后对其在应用中存在的问题进行了分析,指出未来混凝土需向绿色高性能方向发展,推进工业固废掺合料在混凝土中的研究及规模化应用。

关键词:工业固体废物,磷石膏,黄磷渣,赤泥,电解锰渣,粉煤灰,混凝土,结构性能

A05-02

非晶合金修饰钛酸锶光催化分解水制氢的研究

谢娟,杨晨,王虎

西南石油大学

本文利用水热法合成钛酸锶(STO),并通过化学镀方法在STO表面修饰非晶合金。将该非晶合金修饰的STO作为催化剂用以光解水制氢,并探究其光催化产氢的机理。在相同的实验条件下,分别以纯STO、非晶NiP修饰的STO(NiP/STO)、非晶合金PdNiP修饰的STO(PdNiP/STO)作为光催化剂,在汞灯照射下分解水制氢。实验结果表明:相较于纯STO,NiP/STO的产氢速率提升了3倍,PdNiP/STO的产氢速率提升了38倍。PdNiP/STO的最佳产氢速率为20714.28 $\mu\text{mol}/(\text{g}\cdot\text{h})$,是目前已报道STO的最高产氢速率。通过对比紫外可见漫反射和莫特-肖特基曲线可知,PdNiP/STO的禁带宽度比纯STO的禁带宽度窄,且PdNiP/STO的导带位置比纯STO的导带位置更负,因此PdNiP/STO的还原能力更强,光催化产氢性能更好。EIS测试结果表明,PdNiP/STO电荷转移界面层的电阻降低,使得电荷转移更容易,光催化性能提高。从TEM结果来看,PdNiP/STO样品中非晶以纳米粒子的形式修饰在STO表面,由于非晶态的存在,提供了更多可利用的不饱和活性位点,从而获得更好的光催化产氢性能。

关键词:钛酸锶,光催化,产氢,非晶

A05-03

硅酸盐矿物制备有序介孔材料研究进展

陈洪运^{1,2},杨华明^{1,2}

- 1.中南大学资源加工与生物工程学院,湖南长沙,410083
- 2.中南大学矿物材料及其应用湖南省重点实验室,湖南长沙,410083

有序介孔材料具有高度规则有序的孔道结构,孔径大小可调,有较高的比表面积及较大的吸附容量,被广泛应用于分离、催化、环境治理、药物释放以及其他的生物领域。传统合成方法多以化学试剂为硅铝源,合成成本高,而天然的硅酸盐矿物,资源丰富,价格低廉,富含硅、铝元素。本文简述了以凹凸棒石、膨润土、埃洛石、高岭土、海泡石、硅藻土、滑石等硅酸盐矿物为原料,利用不同的方法提取硅铝源,成功制备出有序介孔材料。分析表明以硅酸盐矿物为原料提取硅铝源,制备的Al-MCM-41介孔孔道相互平行,横截面呈六方排列,具有规整的二维六方结构,孔径分布集中,孔性能良好,且比表面积和孔容积优于传统合成方法制备的MCM-41。

关键词:硅酸盐矿物,硅铝源,水热晶化反应,Al-MCM-41

A05-04

矿物元素共掺对锆钛酸钡钙材料钙钛矿结构及压电性能的影响研究

王玮, 王广林, 赵璐, 何君宇

辽宁工程技术大学

具有钙钛矿结构的锆钛酸钡钙是一种被广泛关注的无铅压电陶瓷材料。然而, 由于该材料体系的居里温度较低, 因此其压电性能极易收到温度的影响, 这一不足极大的限制了其应用前景。在本研究中, 我们通过加入碱金属矿物元素锂和铝, 得到了一种温度稳定性极高的改性锆钛酸钡钙陶瓷。实验结果表明, 改性锆钛酸钡钙陶瓷材料的压电系数和温度稳定性均得到提升。SEM 结果表明, 铝和锂的加入显著降低了材料的烧结温度, 并且同时提高了材料的致密度, 起到了助烧的作用。另一方面, XRD 结果中未发现除钙钛矿结构之外的衍射峰, 表明铝和锂元素进入了锆钛酸钡钙陶瓷的晶格之中, 起到了掺杂改性的作用。

关键词: 锆钛酸钡钙, 温度稳定性, 掺杂, 无铅压电

A05-05

废弃硅藻土功能再生及其降解甲醛的研究

张向超¹, 孙怀虎¹, 黄志安², 易双健², 张世英¹

1.长沙学院

2.湖南君健安康环保科技有限公司

以废弃硅藻土为研究对象, 通过加碱和焙烧等方法对废弃硅藻土进行表面改性, 利用热分析 (TG-DTA)、X-射线衍射 (XRD)、扫描电镜 (SEM) 和 N_2 吸附-脱附等测试分析手段, 研究加碱和焙烧改性工艺对废弃硅藻土微观结构的影响, 将焙烧处理的功能再生废弃硅藻土复合二氧化钛(商用 P25), 以气相甲醛为目标降解物, 探讨二氧化钛掺入量对其光催化性能的影响。研究表明, 焙烧温度对废弃硅藻土的重量产生明显的作用, TG 曲线出现三个明显的失重阶段; 废弃硅藻土主要含有无定型 SiO_2 和有机污染物杂质相, 通过加碱和焙烧处理, 能有效去除其表面吸附的有机污染物, 硅藻土的孔道明晰可见; 不同焙烧温度处理样品的 N_2 吸附-脱附等温曲线呈 IV 型曲线, 有 H1 型的滞后环, 孔径呈单峰分布, 平均孔径均为 4 nm, 随着焙烧温度的增加, 废弃硅藻土的比表面积和孔体积逐渐增大, 650 °C 焙烧 2.5 h 样品的比表面积达 62.739 m^2/g , 由于废弃硅藻土再生的吸附特性与 TiO_2 的光催化降解协同作用, 废弃硅藻土 650 °C 焙烧 2.5 h 复合 5 wt% TiO_2 样品对甲醛的降解率高达 95.59%, 研究结果为废弃硅藻土的功能再生提供了实验基础, 将在降解甲醛等净化室内空气领域具有广阔的应用前景。

关键词: 光催化, 甲醛, 废弃硅藻土, 二氧化钛

A05-06

硫化铅真空热分解研究

周正恩, 熊恒, 张博

昆明理工大学

硫化铅在地壳中主要以方铅矿的形式存在, 方铅矿是冶炼金属铅的主要原料。前人研究认为硫化铅很容易挥发但不容易分解, 且目前无通过直接分解金属硫化铅获得金属铅的报导。本文对硫化铅的饱和蒸汽压以及其离解压进行理论计算, 并对硫化铅在真空条件下直接分解获得金属铅开展了实验研究。理论计算结果表明固态硫化铅不易分解但容易升华为气态硫化铅, 气态硫化铅可以直接分解为液态金属铅和气态硫单质。实验研究表明, 通过真空热分解硫化铅可以直接得到金属铅。在 1123 K, 20 Pa 的压力下, 硫化铅的分解率能达到 40%左右。通过 ICP-AES 对得到的金属铅进行纯度分析表明, 硫化铅直接分解可得到纯度高达 99.9%的金属铅。

关键词: 真空, 热分解, 分解率

A05-07

赤泥-黄磷渣混凝土加载破坏特性研究

李先海^{1,2,3,4}, 张覃^{2,3,4*}, 卯松^{2,3,4}, 李龙江^{1,2,3,4}, 王敬博^{2,3,4}

1.贵州大学材料与冶金工程学院, 贵州贵阳 550025

2.贵州大学矿业学院, 贵州贵阳 550025

3.喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室, 贵州贵阳 550025

4.贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室, 贵州贵阳 550025

*通讯作者: 张覃, 博士, 教授, 博士研究生导师. E-mail: qzhang@gzu.edu.cn

黄磷渣是电炉法制备黄磷产生的工业副产品, 每生产 1 t 黄磷大约产生 8~10 t 黄磷渣, 赤泥是氧化铝工业产生的尾渣, 每生产 1 t 氧化铝约产生 0.8~1.5 t 赤泥, 目前黄磷渣、赤泥利用率均很低, 对环境造成了很大影响。本文基于此背景, 采用黄磷渣、赤泥作为矿物参合料制备赤泥-黄磷渣混凝土, 黄磷渣配比定量, 赤泥配比变量, 激发混凝土活性, 改善黄磷渣混凝土性能, 实现固废利用的目的。试验结果表明, 随着养护时间的增加, 混凝土抗压强度均逐渐增大, 随着掺量的增加, 混凝土抗压强度先减小再增大, 最后逐渐减小。在此基础上, 采用数字图像相关 (DIC) 技术研究赤泥-黄磷渣混凝土加载破坏模式, 考察不同掺量和不同养护时间尺度下混凝土加载应力变化、裂纹形状和裂纹尺寸等。该研究有助于赤泥-黄磷渣混凝土制备方案的进一步优化。

关键词: 赤泥-黄磷渣混凝土, 掺量, 养护时间, DIC 技术, 应力变化, 破坏特性

A05-08

天然矿物材料在电化学储能领域的应用研究

刘赛男^{1,2}, 杨华明^{1,2}

1.中南大学资源加工与生物工程学院

2.中南大学矿物材料及其应用湖南省重点实验室

与人工合成材料相比较, 天然矿物材料具有用途多、储量大、价格低的特点, 其应用几乎已经涉及所有的工业领域, 包括建材、化工、机械、冶金、轻纺、电子、农业、食品、医药、环保、宝石、工艺美术等各个领域和部门。但天然矿物材料在电化学储能领域的应用较少, 本文从金属矿物材料和以天然粘土矿物为代表的非金属矿物材料为出发点, 以具体实例分析天然矿物材料在诸如锂/钠离子电池、水系电池、超级电容器等电化学储能领域的研究进展, 展示天然矿物材料在新能源领域的巨大的研究开发应用潜力及较高的经济效益。

关键词: 矿物材料, 锂离子电池, 钠离子电池

A05-09

秸秆吸附剂的改性及其吸油性研究

王虎, 谢娟, 胡光蓉, 刘畅

西南石油大学

本文以稻草秸秆为原料, 对稻草秸秆进行酰化改性得到酰化吸附剂, 再对酰化吸附剂进行磁化改性, 获得具有磁性的秸秆吸附剂, 并分别考察其对煤油、邻苯二甲酸二丁酯、菜籽油、液体石蜡以及原油的吸附性能。结果表明, 磁性吸附剂对 5 种纯油的最大吸附量分别为 7.89 g/g、10.256 g/g、11.41 g/g、9.93 g/g、10.46 g/g, 分别比改性前提高了 57.1%、42.3%、57.2%、38.0%、47.6%; 在油水体系中得到磁性吸附剂的吸附量分别为 8.384 g/g、11.332 g/g、12.032 g/g、11.776 g/g、11.938 g/g。通过对磁性吸附剂的回收性能进行测试发现, 磁性吸附剂的回收率均高达 90%以上, 并且重复循环使用 10 次以上吸附剂的回收率仍保持 90%以上, 且吸附性能几乎不受循环使用的影响, 因此, 该吸附剂具有良好的循环稳定性。利用 SEM、红外光谱、XRD 对磁性吸附剂进行表征发现, 吸附剂表面疏松多孔, 有利于油分子的储存; 酰化后的吸附剂引入了新的官能团——酰基, 提升了吸附剂的亲油性能, 更有利于吸油; 磁性吸附剂表面负载有 Fe_3O_4 , 因此吸附剂具有磁性。

关键词: 秸秆, 改性, 磁化, 吸油

A05-10

矿物材料在生物医药领域的应用

龙梅^{1,2}, 杨华明^{1,2}

1.中南大学资源加工与生物工程学院

2.中南大学矿物材料及其应用湖南省重点实验室

天然矿物用于生物医药领域在中国可追溯到远古时代, 随着纳米技术与生物医药领域的进一步交叉与融合, 新型矿物材料在生物医药领域的应用取得了显著的进展。相对于有机、无机合成类材料的毒性溶剂残留及高生产成本, 矿物材料天然、绿色、经济, 具有生物相容性好、理化性质优异、以及表面易于有机基团改性等优点, 既可以用作药物的活性组分, 又可以作为药物的载体。

天然矿物(如蒙脱石、高岭石、埃洛石等)微观结构多样、比表面积大、吸附能力强,在药物传输、组织工程、抗菌功能材料等方面得到了广泛的关注和深入的研究。作为药物活性组分,蒙脱石可以吸附于粘膜,并且吸附固定病原体微生物,使其破裂脱水甚至灭活,从而失去致病性,目前用于胃、肠道疾病的治疗药物“思密达”就是以蒙脱石为主要组分。高岭石较强的吸附能力以及负电荷表面,可以迅速吸取血液中的水分子,激活内源性凝血途径,促进血小板激活和聚集,加快止血过程,用于止血产品的开发。在药物传输方面,蒙脱石具有强的离子交换能力,其层间可作为药物装载位点,制备有机-无机杂化载药系统,已成功将5-氟尿嘧啶、马来酸噻吗心安、布洛芬、维生素B等插入层间,实现药物的负载和控制释放。层状高岭石层间由氢键相连,具有高的径厚比,利用高岭石表面吸附和层空间装载可以实现药物传输。高岭石具有强的吸附能力,已被用于吸附水杨酸、乙酰水杨酸、布洛芬、阿替洛尔等药物。但是由于高岭石离子交换能力弱,药物通常被吸附在高岭石表面,很难进入层间。利用插层改性方法对高岭石进行插层,扩大高岭石层间距,可以装载抗癌药物5-氟尿嘧啶,提高药物负载量。埃洛石具有管状结构,可以将药物装载在埃洛石管内,控制释放亲水性和亲油性药物分子,如硝苯地平、吠喃苯胺酸、地塞米松。此外在埃洛石纳米管外或者管口均匀包覆聚合物层,可以延迟管内药剂的释放。在组织工程方面,矿物可以装载生物分子如基质蛋白、生长因子、基因等,与聚合物结合增强聚合物机械强度,共同促进组织的修复和再生。在抗菌复合材料领域,可以将矿物作为载体装载抗生素,实现抗生素的可控及长效释放;或者负载无机抗菌剂,通过调控无机纳米颗粒的分布状态以及促进纳米材料与细菌的接触,增强纳米颗粒的抗菌效果。

目前,矿物材料在生物医药领域的应用主要集中在矿物的功能改性和结构改型、矿物与有机物的复合、矿物负载无机纳米颗粒的调控等,相信在不远的将来,矿物材料会更加满足生物医药的实际需求。

关键词:矿物材料,结构特点,表界面,功能改性,生物医药应用

A05-11

粉煤灰和造纸白泥制备托贝莫来石及其性能研究

郭春彬,邹晶晶,孙跃军,周晓谦

辽宁工程技术大学

托贝莫来石是水合硅酸钙的一种,具有轻质、高强、导热系数低、耐高温等优良性能。水热合成托贝莫来石已成为众学者们研究的热点。本实验利用电厂排放的粉煤灰与造纸行业副产的白泥为原料,通过一步水热反应制备了托贝莫来石,实现了两种不同的固废资源的协同利用。阐述了水热反应体系中钙硅比、碱度、水热温度、水热时间等因素对托贝莫来石的影响,揭示了废弃物中Al元素对托贝莫来石耐高温性能的影响,多尺度系统性研究托贝莫来石的微观结构与材料宏观性能上的本质关联。通过实验研究发现当钙硅摩尔比为0.8、水热温度180℃、时间6h、碱度5%时可以制备出结晶相强、纯度高的托贝莫来石,废弃物中Al元素对托贝莫来石的形成具有一定的促进作用。将制备的托贝莫来石纤维添加至粉煤灰加气砖中,添加量有0.5%增加至5%,其抗压强度可有4MPa增加至7.2MPa。

关键词:粉煤灰,造纸白泥,托贝莫来石,性能

A05-12

粉煤灰脱碳尾灰活性激发研究

卯松^{1,2,3,4},张覃^{2,3,4*},王驰^{1,2,3,4},陈青^{2,3,4}

1.贵州大学资源与环境工程学院,贵州贵阳 550025

2.贵州大学矿业学院,贵州贵阳 550025

3.喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室,贵州贵阳 550025

4.贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室,贵州贵阳 550025

*通讯作者:张覃,博士,教授,博士研究生导师。E-mail: qzhang@gzu.edu.cn

高碳粉煤灰由于碳含量过高,从而限制了它的利用,因此需要对高碳粉煤灰进行脱碳,以降低粉煤灰的含碳量,并提高脱碳尾灰的活性。本文通过对贵州某高碳粉煤灰进行浮选脱碳处理,获得烧失量达到I级粉煤灰的尾灰,通过尾灰粒度的考察,脱碳尾的粒度相对较粗,对脱碳尾灰进行磨矿,使得尾灰的粒度达到I级粉煤灰的细度要求,同时添加活性激发剂对脱碳尾灰进行活性激发。对脱碳尾灰-水泥胶凝材料进行抗压强度测试,采用DIC数字图像相关技术研究脱碳尾灰-水泥胶凝材料的在外力加载下的破坏性能,并考察粉煤灰-水泥胶凝材料的应力变化,研究脱碳粉煤灰活性的激发效果。通过对高碳粉煤灰脱碳及尾灰活性的激发研究,为高碳粉煤灰的应用提供技术和理论支持。

关键词:高碳粉煤灰,脱碳,尾灰活性,DIC数字图像相关技术

A05-13

构建新型的复合金属硫化物用于实现 H₂S 的资源化利用

淡猛^{1,2}, 周莹^{1,2}

- 1.西南石油大学材料科学与工程学院
- 2.西南石油大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

目前, 制约高酸性油气藏开发和利用的最大阻碍是其含有大量的 H₂S 气体。而近年来利用太阳能实现 H₂S 资源化利用已经成为研究的热点。但是, 合适的光催化剂一直是制约太阳能技术(光催化技术)被广泛用于 H₂S 资源化利用过程中的主要阻碍, 因此, 我们利用简单的合成路线成功构建出一系列具有高可见光光催化活性、稳定性和抗光腐蚀能力的复合金属硫化物光催化剂。研究发现 MnS/In₂S₃ 复合物具有优异的光催化分解 H₂S 制氢活性(8360 μmol·g⁻¹·h⁻¹), 其在 450 nm 下对应的表观量子效率高达 34.2%。此外, 构建了“窄禁带/窄禁带”复合金属硫化物 In₂S₃/CuS。并首次研究了其光催化分解 H₂S 制氢性能, 得出其在可见光(λ>420 nm)下具有较好的光解 H₂S 制氢活性(14950 μmol·g⁻¹·h⁻¹)。同时, 通过新型的“固溶-异质结”策略成功构筑了 MnS/(In_xCu_{1-x})₂S₃ 复合金属硫化物, 其展示了优异的光解 H₂S 制氢性能, 在可见光下(λ>420 nm)最大光解 H₂S 制氢速率为 29252 μmol·g⁻¹·h⁻¹, 其在 450 nm 对应的量子效率高达 62.6%。总之, 光解 H₂S 制氢系统的构建和选择金属硫化物半导体作为光催化剂对于利用太阳能实现 H₂S 的资源化利用具有重要的意义。

关键词: 金属硫化物半导体, 光催化, 硫化氢, 氢气

A05-14

铬铁原矿粉末激光烧制制备 CrFeNiAlSi 合金研究

李刚

辽宁工程技术大学

以 CrFeAlNiSi 系高熵合金为研究对象, 添加不同含量的 Si 元素混合并压坯, 采用激光诱导自蔓延烧制制备 CrFeAlNiSi_x (x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0) 多孔高熵合金材料。利用金相显微镜、SEM、EDS、XRD、显微硬度计及磨料磨损机等试验设备, 分析了不同 Si 含量的 CrFeAlNiSi_x 多孔高熵合金材料显微组织、物相结构及力学性能。结果表明: 合金组织内部均匀分布有大量的宏观孔隙和微观气孔, x=0.4 时, 合金的孔隙大小匀称分布最为均匀。x≤0.4 时, 合金由 BCC 相构成, x≥0.6 时, 合金在 BCC 相结构的基础上出现 FCC 相。x=0.6 时, 合金的硬度值最大, 为 522.3 HV; 磨损率最小, 为 73.41 mg·cm⁻²; 密度最大, 为 4.354 g·cm⁻³; 孔隙率(17.1%)最小。x=0.2 时的多孔高熵合金孔隙率最大, 为 39.92%。

关键词: 高熵合金, 激光烧制, 多孔材料, 孔隙率

A05-15

可视化实验装置在石油开采领域中的应用

熊俊雅

西南石油大学

石油是深埋在地下的流体矿物, 被誉为“工业的血液”。在石油开采的过程中, 经历油层中渗流、井筒中流动, 地面管线中的水平或倾斜流动, 油气被开采至地面。石油开采的主要过程包括勘探开发工程、钻完井工程、采油工程、油气集输工程等。在石油开采的过程中, 通过物理模拟实验, 尤其是可视化实验模拟油气开采过程, 对石油开采和施工方案设计具有较大的影响。本文综述了可视化实验装置在石油开采各领域的重要进展, 了解到目前可视化材料多为有机玻璃(PMMA), 对这种玻璃材料进行了总结和展望: (1) 有机破裂的透明性和化学稳定性较好, 但准静态加载条件下, 有机玻璃发生较大的塑性变形, 表现出良好的延展性; (2) 有机玻璃不能承受高温的地下真实环境, 石英玻璃能够耐高温, 但它的抗冲击强度差, 脆性大, 同时透明度低; (3) 玻璃材质内壁面光滑度均衡单一, 无法模拟地下如裂缝壁面的情况; (4) 有机玻璃是一种非渗透性材料, 还不能有效的模拟地层的滤失性。

A05-16

硬脂酸-十八胺在金刚石纳米晶表面的静电诱导共吸附机制探索

许向阳^{1,2}, 戴磊^{1,2}, 李伊娜^{1,2}, 赵宏业^{1,2}, 朱华敏^{1,2}

- 1.中南大学资源加工与生物工程学院, 中国长沙, 410083
- 2.矿物材料及其应用湖南省重点实验室, 中国长沙, 410083

金刚石纳米晶表面吸附硬脂酸和十八胺后, 颗粒呈现出比药剂单独吸附更优的悬浮稳定性。XRD 分析表明, 硬脂酸和十八胺及其复合物在石油醚中再结晶, 可形成正交、三斜和六方等不同的结构。同样地, 不同比例的硬脂酸和十八胺组合使用, 吸附在金刚石纳米晶表面, 也呈现出结构差异, 表明药剂分子排列形式与组分含量相关。吸附行为研究和热分析结果表明, 当硬脂酸和十八胺同比例添加时, 颗粒表面的药剂负载能力显著增大。硬脂酸和十八胺共同作用后, 粉体的红外谱图中出现明显的羧酸盐和铵盐等基团, 证实了油基体系中二者在金刚石表面的吸附可归因于静电引力作用, XPS 和 NMR 分析也证实了这种共吸附作用机制。静电诱导作用下硬脂酸和十八胺在颗粒表面吸附密度增大, 吸附层更为稳定, 空间位阻作用增强, 显著提高了颗粒在油基体系中的分散稳定性。

关键词: 表面官能化改性, 悬浮稳定性, 协同效应, 空间位阻

A05-17

矿用聚氨酯注浆加固和充填材料研究

杨绍斌, 董伟

辽宁工程技术大学

随着我国矿井开采深度的增加, 井下巷道的注浆加固、补强充填已成为煤矿安全生产的必然趋势。聚氨酯加固和充填材料由于具有渗透性好、加固充填速度快, 可以有效改善破碎煤岩的整体稳定性、封堵井下矿井涌出水, 充填密封煤层采空区、废弃巷道以及巷道孔洞、防止漏风和瓦斯聚集, 获得广泛应用。然而聚氨酯材料为有机物, 反应过程为放热反应, 随着反应进行蓄热温度升高, 易引发自燃的安全事故。针对该问题, 课题组研究开发了系列自限温聚氨酯加固、充填材料, 以 Na_2SiO_3 和 NaCl 的水溶液为自限温添加剂, 可以将聚氨酯反应的蓄热温度控制在 $100\text{ }^\circ\text{C}$ 左右, 综合性能测试和井下注浆实验表明, 自限温注浆材料的性能达到或超过国家行业标准, 尤其是在蓄热温度上具有突出优势。同时还揭示了其限温机理为自限温添加剂中的 Na_2SiO_3 吸收异氰酸酯和水的反应产物 CO_2 , 生成了 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 微球, $\text{Si}(\text{OH})_4$ 的脱水吸热是限制体系温度上升的第一道屏障; 水溶液的汽化吸热是限制体系温度上升的最后屏障。

关键词: 聚氨酯, 加固, 充填, 煤矿

A05-18

典型工业固体废物天然放射性水平分析

沈智慧^{1,2,3}, 张覃^{1,2,3}

1. 贵州大学矿业学院

2. 喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室

3. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室

对典型的工业固体废物(电解锰渣、黄磷渣、赤泥、磷石膏、粉煤灰)中天然放射性核素的组成, 含量和内、外照射水平进行了分析, 并对其用作混凝土掺合料的最大可掺入量和放射性安全使用问题进行了探讨。结果表明, 5类工业固体废物中均含有 ^{238}U 、 ^{235}U 、 ^{232}Th 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Pb 和 ^{40}K 。其中粉煤灰、赤泥、黄磷渣中 ^{238}U 比活度较高, 分别为 234.92 、 512.99 和 $199.78\text{ Bq}\cdot\text{Kg}^{-1}$ 。粉煤灰和赤泥中 ^{232}Th 比活度较高, 分别为 165.63 、 $457.66\text{ Bq}\cdot\text{Kg}^{-1}$ 。粉煤灰、赤泥、黄磷渣中 ^{226}Ra 比活度较高, 分别为 208.17 、 462.74 和 $187.37\text{ Bq}\cdot\text{Kg}^{-1}$ 。电解锰渣、黄磷渣、赤泥、和粉煤灰中 ^{40}K 比活度较高, 分别为 443.84 、 529.39 、 259.5 和 $460.99\text{ Bq}\cdot\text{Kg}^{-1}$ 。电解锰渣、磷石膏和黄磷渣的内照射系数 I_{Ra} 和外照射系数 I_{r} 均小于 1, 粉煤灰的 I_{Ra} 和 I_{r} 分别为 1.04 和 1.33, 赤泥的 I_{Ra} 和 I_{r} 分别为 2.31 和 3.07。电解锰渣、磷石膏和黄磷渣应用范围较广, 粉煤灰和赤泥只适宜用作建筑材料的掺入物。研究工业固体废物中放射性核素对资源综合利用有较好的意义。

关键词: 电解锰渣, 黄磷渣, 赤泥, 磷石膏, 粉煤灰, 天然放射性核素, 比活度, 建筑材料

A05-19

关于制备超疏水、高效吸油三聚氰胺海绵的研究

张骞, 张颖, 刘帅卓, 邱丽娟

西南石油大学

针对石油泄漏造成的水污染问题, 制备高吸附性、高选择性和超疏水的油水分离材料得到了广泛的关注。三聚氰胺海绵因其较好的三维网络结构和高吸附性在油水分离中被广泛应用, 但以往对三聚氰胺海绵改性的研究主要通过负载的方式且制备过程复杂, 使得该类吸附材料很难大规模实际应用。本文采用绿色简单、经济环保的一步制备法, 将三聚氰胺海绵在低温

条件下热处理，成功制备得到超疏水亲油的改性三聚氰胺海绵材料，使其对多种有机物和油类具有良好的吸附性能（133-284 g/g），50次吸附-挤压循环之后仍保持大于90%的吸附能力。不仅具有良好的循环使用性能，对水上浮油和水下重油都可实现高效连续分离，且无论在静态还是动态的油水混合物中，分离效率均可达 $4.5 \times 10^6 \text{ Lm}^{-3}\text{h}^{-1}$ 。因此，通过简单经济的制备方法，得到优异吸附性能和循环使用性能的超疏水海绵在处理油脂和有机物泄漏造成的大面积污染方面有着巨大的应用前景。

关键词：三聚氰胺海绵，高吸附，油水分离，污水处理

A05-20

基因/药物基纳米粘土矿物载体的可控制备

张毅，杨华明

中南大学 矿物材料及其应用湖南省重点实验室

基于粘土矿物稳定的化学组成成分、丰富的表面基团和独特的形貌结构，通过粘土矿物纳米化过程与深度加工处理技术，获得满足抗肿瘤纳米载体材料生物安全要求的尺寸分布均一、形貌结构规整、理化性质相同及生物介质中稳定的窄粒径分布粘土矿物纳米片。通过缺陷控制、电荷匹配、基团电负性等调控，实现功能组分在粘土矿物内、外表面、层间及不同晶面上的选择性负载，实现粘土矿物基药物系统的设计及其精准诊疗研究。基于纳米粘土矿物用于肿瘤治疗的工作基础，全面科学认识纳米粘土矿物理化性质与肿瘤微环境生物标志物相互作用。瞄准粘土矿物的资源节约和高效利用，拓展纳米粘土矿物在抗肿瘤领域应用，提高纳米粘土矿物产品附加值与矿产资源保障能力，推进粘土矿产资源全面节约与高效利用。

关键词：硅酸盐粘土矿物，矿物材料，生物材料

A05-21

稀土元素晶格取代对氟磷灰石电子结构和反应活性影响：第一性原理研究

王贤晨^{1,3,4}，张覃^{2,3,4}，叶军建^{1,3,4}，谢俊^{1,3,4}，李龙江^{2,3,4}，柯宝霖^{2,3,4}

1. 贵州大学资源与环境工程学院

2. 贵州大学矿业学院

3. 喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室

4. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室

氟磷灰石 ($\text{Ca}_{10}\text{F}_2(\text{PO}_4)_6$) 中 Ca 元素常常被稀土元素 (REEs) 取代，如镧 (La) 和钇 (Y) 等，使得磷矿成为重要的稀土资源。本文通过密度泛函理论 (DFT) 研究了含稀土磷矿中含量较高的四种稀土元素 (La, Ce, Nd 和 Y) 晶格取代 Ca2 位点对氟磷灰石电子结构和反应活性的影响。计算结果表明，晶格稀土的存在增大了氟磷灰石的晶格参数。稀土元素晶格取代使氟磷灰石费米能向高能级方向移动，更容易接受电子。除 Y 以外的其他稀土元素均在价带部分有能级组成。稀土元素费米能级处主要由 La5d、Ce4f、Nd4f 和 Y4d 占据。稀土取代氟磷灰石中 REE-F 和 REE-O 键的 Mulliken 值大于体相中 Ca-F 和 Ca-O 键，其中 Y-F 和 Y-O 键的 Mulliken 值最大。前线分子轨道 (Dmol) 分析结果表明，稀土元素对氟磷灰石最低占据分子轨道 (LUMO) 具有较大贡献，稀土元素取代会提高氟磷灰石与油酸的反应活性。研究结果对理解含稀土磷矿稀土取代结构及浮选反应活性，以及磷灰石掺杂稀土材料提供一定基础指导。

关键词：稀土元素，氟磷灰石，密度泛函，电子结构，反应活性

A05-22

具有 EDI 构型的磷酸锌沸石分子筛的合成与结构表征

王学雷，周轶慧，唐小龙，周晓谦，杨绍斌

辽宁工程技术大学

采用水热/溶剂热合成方法，以 1,2-丙二胺分子为结构导向剂，乙酸锌为锌源，亚磷酸为磷源，放入 25 ml 水热反应釜中，在 160 °C 鼓风干燥烘箱中加热 7 天，合成了一例具有 EDI 构型的磷酸锌沸石分子筛 [$\text{Zn}_2(\text{HPO}_4)_2(\text{H}_3\text{NCH}_2\text{CHNH}_3\text{CH}_3)$] (ZnPO-EDI)。并对其进行了结构表征和性质测试，XRD 粉末衍射表明产物为单一纯相，单晶结构解析表明，ZnPO-EDI 结晶在四方晶系 P-42(1)c 空间群，Zn 和 P 原子都是与 O 原子 4 配位形成 ZnO_4 正四面体和 PO_4 正四面体初级结构单元，把 Zn 和 P 看成等价 T 原子，则可发现 ZnPO-EDI 是由独特的 4=1 次级结构单元 (SBU) 构成，4=1 次级结构单元自我组装通过顶点交替连接先形成的一个沿着 [001] 方向的一维链状结构，每条一维链之间沿着 [100] 和 [010] 方向共顶点连接形成具有 8 元环孔

道磷酸锌 EDI 沸石分子筛。晶胞参数如下: $a=9.9611(5)\text{\AA}$, $b=9.9611(5)\text{\AA}$, $c=12.8000(7)\text{\AA}$, $\alpha=90.00^\circ$, $\beta=90.00^\circ$, $\gamma=90.00(10)^\circ$, $V=1270.06(8)\text{\AA}^3$, $Z=1$ 。ZnPO-EDI 进一步表征了扫描电子显微镜 (SEM)、能谱 (EDS)、红外光谱 (IR)、电感耦合等离子体 (ICP)、元素分析 (CHN) 和热重分析 (TG)。

关键词: 沸石分子筛, 磷酸锌, 水热/溶剂热, 结构表征

A05-23

化学添加剂对磷渣活性激发的影响

陈青^{1,2,3}, 张覃^{1,2,3*}, 叶军建^{1,2,3}, 李龙江^{1,2,3}, 卯松^{1,2,3}

1. 贵州大学矿业学院, 贵州贵阳 550025
2. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室, 贵州贵阳 550025
3. 喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室, 贵州贵阳 550025

磷渣是高温电炉提炼黄磷过程中排放的工业废渣, 主要用作水泥掺合料, 但其缓凝和早期活性不高严重制约了综合利用, 磷渣的活性激发是解决这一问题的关键。为了确定合适的化学激发剂, 本文考察了多种氯化盐、氢氧化物、硫酸盐等化学添加剂对磷渣水泥凝结时间、强度、化学结构水及水化产物的影响。结果表明: 化学激发剂 KOH、CaCl₂、Na₂SiO₃、Na₂CO₃、NaOH 和 Al₂(SO₄)₃ 能明显缩短磷渣水泥的凝结时间, FeSO₄·7H₂O、FeCl₃、NaNO₂、Na₂SO₄、CaCl₂ 和 NaCl 能显著提高磷渣活性, 少数的化学激发剂 (FeCl₃、CaCl₂、CaSO₄、Na₂SO₄) 能同时缩短磷渣水泥的凝结时间和提高磷渣活性。研究结果为选择合适的化学添加剂激发磷渣活性提供依据, 同时为开展高效复掺添加剂激发磷渣活性奠定基础。

关键词: 磷渣, 水泥掺合料, 化学添加剂, 凝结时间, 活性

A05-24

非烧结赤泥粉煤灰颗粒吸附剂吸附行为调控研究

李龙江^{1,2,3,4}, 张覃^{2,3,4,*}

1. 贵州大学 材料与冶金学院, 贵州 贵阳 550025
2. 贵州大学 矿业学院, 贵州 贵阳 550025
3. 喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室, 贵州 贵阳 550025
4. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室, 贵州 贵阳 550025

赤泥是铝工业氧化铝生产过程中碱浸产生的废渣, 排放量大, 堆放时既侵占土地, 造成环境污染, 但赤泥含有丰富的铁、铝、钙等活性成分可作为吸附剂吸附磷酸根离子, 本文以铝矿工业尾渣赤泥为原料, 添加电厂粉煤灰改性, 采用酸活化、焙烧活化、热酸活化方法进行活化处理, 用非烧结法造粒, 添加无机粘接剂和分散诱导剂, 增大基底有效吸附物 (Al₂O₃, Fe₂O₃ 等) 的暴露面, 得到赤泥粉煤灰颗粒吸附剂, 用诱导磷酸钙(HAP)结晶法回收反浮选磷矿尾水中的磷酸根离子, 研究工艺条件对回收效果的影响; 运用扫描电子显微镜(SEM)、X 射线能谱仪(EDS)和 X 射线衍射仪(XRD)对最优工艺条件下的结晶产物进行了表征, 运用 MS 分子模拟建立孔道吸附模型调控非烧结法赤泥粉煤灰吸附磷酸根离子的吸附行为。结果表明, 当无机粘接剂和分散诱导剂摩尔比为 1.1:2, 搅拌速度为 320 r/min, 搅拌时间为 20 min, 赤泥粒径为 80 目~120 目时, 基底有效吸附物的暴露面积最大, 当浮选尾水的初始磷酸盐浓度为 60 mg/L 时。磷酸盐的吸附率可达 90.16%。不同初始磷酸盐浓度下, 随 pH 升高, 磷酸根离子、钙离子的回收率均增大, 但增大速率随初始磷酸盐浓度的提高而减缓。

关键词: 赤泥, 非烧结法, 粉煤灰, 调控, 吸附剂

A05-25

矿物基复合材料的选择吸附性能研究

傅梁杰^{1,2}, 燕昭利^{1,2}, 杨华明^{1,2}

1. 中南大学资源加工与生物工程学院
2. 中南大学矿物材料及其应用湖南省重点实验室

水体中的重金属污染, 特别是饮用水, 由于重金属的毒性和致癌性, 已成为一个严重的全球性环境问题。受污染的饮用水一般只含有微量的重金属 (几百微克每升到几毫克每升), 以及高浓度的 Ca、Mg 和 Na 离子。但是, 很多有毒金属离子即使是微量的也具有很大危害, 例如世界卫生组织推荐的饮用水标准中铅离子含量应低于 10 $\mu\text{g/L}$ 。目前的水体净化技术, 主要包括吸附、化学沉淀和膜过滤等, 以有效去除水中的重金属, 其中吸附法是最有吸引力的选择之一。到目前为止, 碳材

料及其复合材料，如碳纳米管、石墨烯和碳化钛等，是一种最活跃和研究最广泛的吸附材料。一般而言，TiO₂ 前驱体中富含的钛羟基对金属离子，特别是重金属离子具有很高的吸附亲和力。但是，众所周知，Ti 离子在水中迅速发生水解纳米二氧化钛从而降低其对重金属的吸附能力。天然粘土矿物高岭石的衍生物：二氧化硅纳米，由于表面积大，表面活性羟基丰富，可有效防止功能体的团聚，显著提高功能纳米粒子的稳定性。以富含钛羟基的 TiO₂ 前驱体作为功能体，高岭石衍生的二氧化硅纳米片作为基体用来分散和稳定胶体粒子，将钛羟基功能体均匀分散于基体表面，以此实现大量钛羟基功能体的高分散及稳定分布。该矿物基复合材料具有二维分级多孔结构以及均衡的亲疏水性；表现出较大的重金属离子吸附容量，较短的吸附平衡时间，以及良好的可再生性；对铅污染的饮用水具有优异的净化能力。基于密度泛函理论计算的吸附机理研究显示：粘土纳米片基体提高了钛羟基的稳定性，表面稳定且高分散的钛羟基大大提高了矿物基复合材料的表面选择吸附能力，钛羟基与重金属离子及其他离子等之间存在较强的选择吸附特性。另外，高分散的表面钛羟基与二维多孔纳米结构有效地促进了重金属离子的吸附脱附性能，抑制了重金属离子吸附后的孔道堵塞，延长了使用寿命。可以预见，粘土矿物及其衍生物，作为基体材料在稳定功能基团或功能纳米颗粒等方面可以发挥重要作用，所制备的复合材料具备在环境及能源领域的应用前景。

关键词：高岭石，粘土矿物，离子吸附，密度泛函理论计算

A05-26

太阳能驱动硫化氢制氢资源化利用

郭小阳

西南石油大学

A05-27

A experimental study of the anisotropic properties of fluorapatite surface combined DFT simulation based on the surface unsaturated covalent bonds

Jun Xie^{1,2,3,4}, Qin Zhang^{2,3,4,*}, Junjian Ye^{1,2,3,4}, Xianchen Wang^{1,2,3,4}, Xianbo Li^{2,3,4}

1.College of Resources and Environmental Engineering, Guizhou University, Guiyang 550025, China

2.Mining College, Guizhou University, Guiyang 550025, China

3.National& Local Joint Laboratory of Engineering for Effective Utilization of Regional Mineral Resources from Karst Areas, Guiyang 550025, China

4.Guizhou Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Non-metallic Mineral Resources, Guiyang 550025, China

Corresponding author: zq6736@163.com

The anisotropic properties of fluorapatite surface, including cleavage nature, wettability and adsorption behaviour, were investigated in this paper. A fluorapatite single crystal was selected as the experimental object. Some analyses based on the common exposed surfaces((211) surface, (002) surface, (300) surface, (112) surface and (222) surface) were made to confirm the surface anisotropic properties. The common exposed surfaces of the fluorapatite single crystal were determined by X-ray single crystal diffraction (XRD), the wettability of different exposed surfaces of the single crystal was investigated by contact angle measurement, the adsorption morphology of different exposed surfaces of the fluorapatite single crystal were determined by atomic force microscopy (AFM). The results showed that the wettability and adsorption behaviour of the common exposed surfaces were different, namely, there is indeed anisotropic properties of fluorapatite surface. In order to further explain the cause of the anisotropic properties of fluorapatite surface, a related DFT simulation was done. The DFT simulation was based on the surface unsaturated covalent bonds and surface electronic structures. The (211) surface, (002) surface, (300) surface, (112) surface and (222) surface of fluorapatite were built by Materials Studio software. The adsorption of water and sodium oleate on different exposed surfaces were calculated. The theoretical analysis indicated that the density of surface unsaturated covalent bonds and the surface energy of fluorapatite were positively related, and the former could be used to predict the cleavage nature, namely, commonly exposed surfaces. The distribution and number of unsaturated covalent bonds of surface Ca atoms can be used to explain the wetting and adsorption behavior of fluorapatite an isotropic surface. These results were consistent with XRD, contact angle, and AFM analysis. This paper demonstrated that the density of surface unsaturated covalent bonds could be an effective and fast indicator to predict the surface properties of minerals, which can provide a guidance for the practical flotation of collophane.

A05-28

高岭石/姜石合成水硬性石灰及力学性能研究

杨建林, 王来贵, 宋文伟, 张岩, 张宇鳌, 白世震

辽宁工程技术大学

我国现存大量的古建筑石质文物, 如云冈石窟、西安古城区、西安大雁塔等, 具有极高的历史、文化和艺术价值。近十年来, 由于环境污染问题, 石质文物的风化速度加快, 如得不到有效的保护和修复, 文物原有的历史、文化和艺术价值将消失殆尽。选择合适的文物修复材料成为解决这一重要问题的关键。水硬性石灰遇水后水硬性成分首先发生水化反应, 而后气硬性成分与空气中的 CO_2 发生碳化反应。水硬性石灰具有自我修复功能, 可以应用到古建筑石质文物的修复和保护领域。为了合成古建筑修复材料水硬性石灰, 以高岭石、姜石为原料, 通过煅烧方式制备了水硬性石灰, 利用 XRD、SEM、伺服万能试验机和白光数字散斑相关方法等测试了水硬性石灰的成分、微观形貌、抗压强度和变形场演化等。结果表明: 在 $900\text{ }^\circ\text{C}$ 煅烧 8 h 时试样中 CaO 、 $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 和 $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ 的含量与欧洲水硬性石灰 NHL5 的成分相近; 随养护时间的增加, 水硬性石灰中 CaO 和 $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 的含量逐渐降低, CaCO_3 和 $1.5\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot x\text{H}_2\text{O}(\text{C-S-H})$ 的含量逐渐增加, 而 $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$ 的含量基本不变; 养护 $1\sim 5\text{ d}$ 时试件收缩率随养护时间迅速增加, 养护 $6\sim 17\text{ d}$ 时收缩率随养护时间缓慢增加, 养护 18 d 后收缩率保持恒定; 偏高岭石含量增加时, 试样的抗压强度和抗拉强度先增加后减小; 随着载荷的增加, 局部区域的应变值逐渐变大, 相邻的局部变形区合并成应变局部化带, 在峰值载荷处应变局部化带演变成微裂隙, 微裂隙扩展成宏观裂纹使试件发生破坏; 随养护时间的增加, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 和 $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ 发生反应的数量增加, 形成的 C-S-H 和 CaCO_3 相互交织构成空间网络结构, 水硬性石灰的孔隙率减少, 力学强度显著提高。

关键词: 高岭石, 姜石, 水硬性石灰, 古建筑, 抗压强度, 数字散斑相关方法, 变形场

A05-29

PS 微球- CeO_2 -纳米金刚石三元复合磨料的制备及其抛光性能

戴磊^{1,2}, 许向阳^{1,2}, 邵诗宇^{1,2}, 周振豪^{1,2}, 赵宏业^{1,2}, 朱华敏^{1,2}, 龚海明^{1,3}

1. 中南大学资源加工与生物工程学院, 中国长沙, 410083

2. 矿物材料及其应用湖南省重点实验室, 中国长沙, 410083

3. 浙江大学材料科学与工程学院, 中国杭州, 310058

本研究通过无肥皂乳液聚合得到聚苯乙烯微球 (PS), 并将带有带正电的 Ce^{4+} 和单宁酸改性的纳米金刚石 (DND) 通过静电引力诱导负载至 PS 微球表面, 制备得到 PS@DND- CeO_2 复合磨粒。采用 SEM、TEM、XRD 和红外光谱、 ζ 电位测试等对 PS@ CeO_2 、PS@DND 和 PS@DND- CeO_2 磨粒进行表征, 并对 PS 微球和 CeO_2 、DND 的组装机制进行了讨论。结果表明, 复合磨粒呈较规则球形, 大小约为 500 nm , 其中, CeO_2 、DND 及 DND- CeO_2 壳层厚度分别约为 50 nm 、 50 nm 和 $50\sim 100\text{ nm}$ 。复合磨粒具有良好的化学机械抛光能力, 用于抛光蓝宝石试块, 表面粗糙度可达纳米级。

关键词: 复合抛光材料, PS 微球, 爆轰纳米金刚石, 氧化铈, 静电吸引

A05-30

三维石墨烯基复合材料的设计构筑及其储能应用

洪晓东, 李顺利

辽宁工程技术大学材料学院

A05-31

多种防腐涂层的制备及其耐腐蚀性能研究

王勤英, 刘双, 唐怡荣, 西宇辰

西南石油大学

普通碳钢是一类广泛使用的金属结构材料, 但易腐蚀的特性限制了其在苛刻环境中的应用。近年来, 在碳钢基体上制备防腐涂层已成为克服其易腐蚀问题的研究热点。本文主要涉及多种耐腐蚀涂层的制备及其腐蚀行为研究。首先, 利用高功率半导体激光器在碳钢基体上分别制备镍基合金熔覆层和铁基合金非晶复合熔覆层, 二者厚度均约 1 mm 。腐蚀浸泡实验及电化学测试结果表明, 与碳钢基体相比, 两涂层的制备使腐蚀速率降低了 $2\sim 3$ 个数量级。其次, 利用固体粉末表面包埋渗法制备了厚度分别为 $13\text{ }\mu\text{m}$ 、 $18\text{ }\mu\text{m}$ 及 $23\text{ }\mu\text{m}$ 的渗铬涂层, 并发现涂层的耐腐蚀性能随涂层厚度的增加而增加。此外, 为进一步

提高渗铬涂层的耐蚀性,预先利用化学镀法在碳钢表面制备一层厚度约为 15 μm 的 NiP 镀层,再进行不同时间的渗铬处理,获得了厚度范围为 22~27 μm 的 NiP-Cr 复合涂层。研究表明 NiP 镀层的制备使渗铬涂层的耐蚀性提高超过 50%,同时,厚度的增加进一步降低了复合涂层的腐蚀速率。第三,利用化学镀法制备了 NiP-TiO₂/ZrO₂ 三层复合镀层,通过耐磨性及耐蚀性测试,其对应性能优于纯 NiP 镀层及 NiP-TiO₂ 和 NiP-ZrO₂ 复合镀层。以上研究表明,碳钢表面防腐涂层的制备对提高其耐腐蚀性能具有重要意义。

关键词: 碳钢, 激光熔覆层, 渗铬涂层, 化学镀层, 复合涂层, 耐蚀性

A05-32

常压盐溶液法磷石膏制备高强 α 半水石膏晶形调控研究

李显波^{1,2,3}, 张覃^{1,2,3}

1. 贵州大学矿业学院

2. 喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室

3. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室

磷石膏是湿法磷酸生产过程中用硫酸分解磷矿石排放的固体废弃物,采用常压盐溶液法制备 α 半水石膏胶凝材料是其资源化的新途径,其中晶形调控是获得高强 α 半水石膏的关键。分别采用结晶水含量分析、SEM 和力学强度测试研究转晶剂顺丁烯二酸对磷石膏脱水速率、产物微观形貌和抗折/抗压性能的影响,并采用 DFT 计算揭示顺丁烯二酸调控 α 半水石膏晶形的机理。结果表明:在 CaCl₂ 质量浓度为 33%,固液比为 1:3,反应温度为 95 $^{\circ}\text{C}$ 的条件下,随着顺丁烯二酸用量从 0 增加至 0.006% (顺丁烯二酸/磷石膏),磷石膏转变为 α 半水石膏的速率变慢, α 半水石膏结晶诱导时间显著延长,未添加转晶剂时,诱导时间为 60 min,在顺丁烯二酸用量为 0.006% 时,诱导时间增加至 210 min,表明顺丁烯二酸会抑制磷石膏转变为 α 半水石膏。 α 半水石膏显微形貌呈六方柱状,但随着顺丁烯二酸用量的增加, α 半水石膏长度缩短,直径增大,长径比降低,标准稠度用水量降低。未添加顺丁烯二酸时,标准稠度用水量、烘干抗折/抗压强度分别为 42%、7.9/13.1 MPa;增加顺丁烯二酸用量至 0.004%,标准稠度用水量降低至 37%,烘干抗折/抗压强度增加至 13.7/29.2 MPa,强度等级达到 α 型高强石膏 $\alpha 25\text{JC}/\text{T}2038-2010$;但继续增大顺丁烯二酸用量至 0.006%,烘干抗折/抗压强度降低至 9.6/24.9 MPa。DFT 计算结果表明,顺丁烯二酸调控 α 半水石膏的晶形主要是通过顺丁烯二酸中两个羧基氧原子与 α 半水石膏 (111) 面上的两个 Ca 作用,抑制其沿 c 轴生长。

关键词: 磷石膏, 常压盐溶液法, α 半水石膏, 晶形调控, 顺丁烯二酸

A05-33

脉冲电流对稀土钨电极中氧化铈颗粒微观形貌影响的理论研究

西宇辰, 王勤英

西南石油大学

稀土钨电极的加工性能差,成品率低,是制约其替代钨钨的主要原因。将电塑性效应引入到稀土钨电极的加工过程,以求优化稀土钨电极的加工工艺。本文在研究脉冲电流对氧化铈钨电极的力学性能影响的基础上,发现氧化铈颗粒在脉冲电流的作用下,呈现由纤维状向球状转变的趋势,由此建立模型,利用热力学公式和形核公式,推导出氧化铈颗粒形核半径与温度、表面能的关系,并证明了脉冲电流能够影响氧化铈颗粒的表面能,促进其形貌改变,有利于改善稀土钨电极的加工性能。

关键词: 氧化铈, 钨电极, 电塑性, 表面能, 加工性能

A05-34

增强矿物基储热材料导热性能的理论基础及途径探讨

左小超^{1,2}, 李建文^{1,2}, 杨华明^{1,2}

1. 中南大学资源加工与生物工程学院, 湖南长沙, 410083

2. 中南大学矿物材料及其应用湖南省重点实验室, 湖南长沙, 410083

天然矿物作为相变材料的支撑载体,可以很好的解决相变材料应用中的泄露问题,但由于矿物基体自身导热性能有限,矿物基储热材料导热性能的增强研究引起了国内外学者的广泛关注。本文综述了近年来国内外研究者对矿物基储热材料导热性能增强的研究进展。重点总结了矿物基储热材料导热性能表征、增强、理论等研究现状,并探讨了今后相关方面的研究重点,提出以添加炭材料和负载纳米金属颗粒提高导热性能的优点,同时应加强导热性能理论方面的研究,为实际应用提供指导。

关键词: 矿物, 储热材料, 导热, 增强

A05-35

玄武岩纤维增强聚合物矿物复合材料组分优化和性能预测

刘敬福¹, 李赫亮¹, 周祥春¹, 徐平², 孙超¹

1. 辽宁工程技术大学材料科学与工程学院

2. 辽宁工程技术大学机械工程学院

聚合物矿物复合材料 (PMC) 组成主要包括黏合剂基体、骨料和填料增强体, 还可添加纤维, 实现混杂增强。其中骨料和填料多选用非金属矿物和尾矿物质, 纤维可选用玻璃纤维及玄武岩纤维等。由于组成 PMC 的组分多, 基于力学性能优化组分配比难度较大。人工神经网络 (ANN) 能较精确逼近输入与输出之间的映射, 在非金属材料设计、性能预测和工艺参数优化等方面发挥重要作用。为优化玄武岩纤维增强 PMC 的组分配比, 本文通过正交实验, 制备玄武岩纤维增强 PMC, 建立 PMC 组分配比和力学性能之间关系的 ANN 模型, 预测并仿真了 PMC 的力学性能。结果表明: 玄武岩纤维增强 PMC 组分配比和力学性能之间关系的 ANN 模型可靠性较高, 拟合度 98.7%, 训练样本实验值与模拟预测值误差均小于 1%, 检测样本实验值与模拟预测值最大误差为 7.54%。ANN 模型可以成功预测玄武岩纤维增强 PMC 的力学性能。推荐经 ANN 优化后玄武岩纤维增强 PMC 的最佳组分为: 黏合剂 E44 与 E51 质量比 0.73 (E44: E51=42.2: 57.8), 玄武岩纤维加入量 0.5%, 骨料用量 80% (质量分数), 玄武岩纤维长径比 64, 得到玄武岩纤维增强 PMC 制件的抗压强度为 135.27 MPa。

关键词: 玄武岩纤维, 人工神经网络 (ANN), 聚合物矿物复合材料(PMC), 抗压强度, 性能预测

A05-36

SiO₂ 纳米纤维负载 CuO 量子点控制合成及其催化性能研究

肖奇, 朱高远

中南大学

氧化铜因其独特的物理化学性能而在催化、气体传感器等许多领域得到广泛应用。当 CuO 颗粒尺寸降低到纳米尺度, 其性能可得到极大的改善, 因此研究者发展了很多合成纳米 CuO 的方法。但纳米 CuO 颗粒很容易团聚, 且不易回收重复利用。为解决这一问题, 研究者们研究了很多方法。其中一种方法是将纳米 CuO 颗粒负载到其他基体上, 合成复合材料。该方法可以降低纳米颗粒的团聚, 从而可以在相当大的程度上改善氧化铜的催化性能。本论文采用水热沉淀法制备了 SiO₂ 纳米纤维负载 CuO 量子点, 最优合成条件为: 尿素/硝酸铜摩尔比为 1.5, 120 °C 反应 6 h, 350 °C 焙烧 5 min; 表面负载 CuO 量子点的 SiO₂/CuO 复合材料的平均孔径为 9.91 nm, 孔容为 0.19 cm³/g, BET 比表面积为 78.52 m²/g, 负载于 SiO₂ 纤维表面上的 CuO 量子点, 粒径约为 5 nm; 在可见光范围内样品对 150 mg/L 乙基黄原酸钾 2 h 内降解率达到 97%; 与纯 CuO 材料相比, 复合材料的光催化性能得到提高。

关键词: SiO₂ 纳米纤维, CuO 量子点, 催化性能

A05-37

基于有限元方法的低密度空心支撑剂受力分析

李小刚, 廖梓佳, 杨兆中, 熊俊雅

西南石油大学

压裂支撑剂是油气增产改造中用来支撑地下压裂裂缝的一种关键材料。目前常规的支撑剂相对密度基本都在 2.0 以上, 在压裂过程中, 支撑剂的沉降速度快, 压裂效果不理想。为了解决这个问题, 国内外支撑剂行业一直致力于低密度支撑剂的研究, 空心支撑剂就是其中重要的一类。空心支撑剂能够显著降低支撑剂的密度, 提高压裂液的携砂性, 但是中空的结构会影响支撑剂的强度, 降低裂缝的导流能力。本文综述了空心支撑剂的制造方法, 并采用细观力学有限元的方法建立了单颗粒支撑剂受压模型, 对压裂用低密度支撑剂行业具有一定的指导意义。研究结果发现: (1) 空心支撑剂主要利用一些易挥发材料形成空心结构, 寻求性能优异的成孔剂是此类支撑剂的研发重点; (2) 空心支撑剂的抗压能力随粒径的增大而增大, 且它们之间在一定的幂函数关系; (3) 空心支撑剂的抗压能力与壁厚也存在一定的函数关系, 且壁厚对支撑剂抗压强度的影响大于空心内半径对支撑剂抗压强度的影响。

关键词: 压裂, 支撑剂, 空心, 抗压能力

A05-38

NiMn 水滑石@rGO 复合材料结构调控及超级电容性能研究

王晓亮, 张佳齐, 杨绍斌

NiMn 水滑石 (NiMn-LDHs) 中 Ni 和 Mn 均参与电化学反应, 具有较高的理论比容量。但电子导电性差、板层容易堆叠等属性限制了其电化学性能的发挥, 特别是倍率性能和循环稳定性仍有很大的提升空间, 是急需解决的问题。在液相合成过程中, LDHs 板层因带正电可以依附于还原氧化石墨烯 (rGO) 片结晶生长, 防止 rGO 和 LDHs 片的自身堆叠, 形成以 rGO 为导电骨架的复合片层, 能提高倍率性能和循环性能。课题组前期研究发现碳酸根和硝酸根双插层的双层间距 NiMn-LDHs 具有较好的结构稳定性和较高的比电容, 但倍率性能和循环稳定性仍需提高。因此将双层间距 NiMn-LDHs 与 rGO 复合可保留双层间距和复合片层双重结构, 在保留高比电容基础上提高倍率性能和循环性能。实验通过水热合成中调控尿素加入量得到双层间距 NiMn-LDHs, 并通过调节溶剂中乙醇添加量与 10 mg 和 30 mgGO 一步复合得到 NiMn-LDHs@rGO 复合材料。研究发现, 与石墨烯复合后, 因为结晶度降低和晶粒减小引起衍射峰宽化, NiMn-LDHs 的 (003) 双峰融合为一个宽峰。采用乙醇为溶剂时, (003) 双峰再次出现。SEM 显示 NiMn-LDHs 与 rGO 较均匀复合。电化学性能显示, 水热法与 10 mgGO 复合得到 NiMn-LDHs@rGO10 样品比电容达 1528 F/g (1 A/g) 和 573 F/g (10 A/g), 大电流容量保持率 37.5%, 1000 次循环后容量保持率为 45.4%, 比 NiMn-LDHs 分别提高 40 F/g 和 38 F/g, 大电流容量保持率提高 1.6%, 循环保持率提高 3.9%。以乙醇为溶剂, 与 10 mg 和 30 mgGO 复合得到的 NiMn-LDHs@rGO10-ethanol 和 NiMn-LDHs@rGO30-ethanol 的比电容达 1457 F/g (1 A/g) 和 747 F/g (10 A/g), 1482 (1 A/g) 和 693 F/g (10 A/g), 大电流容量保持率 51.3%和 46.7%, 循环 1000 次后容量保持率为 47.8%和 54.2%。

关键词: NiMn-LDHs, 还原氧化石墨烯, 结构调控, 倍率性能, 循环性能

A05-39

煤焦油制备低导热泡沫碳

陈前林

贵州大学先进技术研究院

A05-40

天然石墨嵌锂结构和弹性性质的第一性原理计算研究

沈丁, 孙闻, 李思南, 董伟, 杨绍斌

辽宁工程技术大学

天然石墨的理论储锂容量为 372 mA·h/g, 具有结构稳定、循环寿命长、原料丰富等优点, 是目前商业化使用和理论研究关注最多的锂离子电池负极材料之一。实验研究周期通常较长, 研究结果容易受技术和条件等因素影响, 具有一定局限性。采用第一性原理计算可以从电子结构对材料储锂性能和力学性能等进行预测, 成为筛选和设计电极材料的一种重要方法。本文采用基于密度泛函理论的第一性原理平面波赝势方法, 计算了石墨嵌锂化合物 Li_xC_6 ($0 \leq x \leq 1$) 的晶体结构、电子结构和弹性性质。结果表明, 随着嵌锂量 x 的增加, Li_xC_6 总能量逐渐下降, 形成能逐渐增大; 当 $x=1$ 时, 形成能接近 0 eV, 锂离子很难嵌入碳层间。计算得到石墨嵌锂电位与实验测得的充放电曲线具有良好的一致性, 随着嵌锂量 x 的增加, Li_xC_6 晶胞体积逐渐增大, 当 $x=1$ 时增大 12.75%。C 与 Li 原子以共价键和离子键形成的混合键结合, 随着嵌锂量 x 的增加, C 与 Li 形成共价键的离子性特征逐渐增强, Li 原子 s 电子对导电性贡献程度增加, Li_xC_6 电子导电性逐渐增强。随着嵌锂量 x 的增加, 平行于石墨碳层的杨氏模量 E_a 和 E_b 都略微降低, 垂直于石墨碳层的杨氏模量 E_c 大幅度增加, 导致石墨刚性逐渐增大, 结构稳定性降低。

关键词: 天然石墨, 储锂结构, 弹性性质, 第一性原理, 锂离子电池

A05-41

蔡司场发射扫描电镜在纳米材料表征上的应用

管玉鑫

北京欧波同光学技术有限公司

A05-42

金属硫化物的真空冶金

周正恩, 熊恒, 张博

昆明理工大学

真空密闭环境下可以使金属硫化物不被氧化，挥发速率加快，分解温度降低。真空冶金具有流程短，环境友好等优点。本文对金属硫化物在真空条件下的挥发性、稳定性进行了理论分析和讨论，介绍了辉钼矿真空热分解制备钼粉的工艺原理及辉铋矿真空热分解制备金属铋的实验研究，脆硫铅铋矿真空分离并富集硫化铅和硫化铋的实验研究以及含有 As、Sb、Sn、Cu 的合金真空硫化分离的实验研究进展。通过这些分析和讨论，希望对真空冶金技术在金属硫化物冶炼领域的应用有所帮助指导。

关键词：金属硫化物，挥发性，真空，热分解

A05-43

纳米氧化物/粘土矿物复合材料的界面机理及性能提升

傅梁杰^{1,2}, 赵啟行^{1,2}, 杨华明^{1,2}

- 1.中南大学资源加工与生物工程学院
- 2.中南大学矿物材料及其应用湖南省重点实验室

天然粘土矿物高岭石及其衍生物，由于表面积大，富含表面活性羟基丰富，可有效防止功能体的团聚，显著提高功能纳米粒子的负载活性。采用机械混合法制备了纳米氧化物/粘土矿物复合材料，并继续还原提高材料中的氧空位含量，比较不同负载量的纳米氧化物对催化活性的影响。通过 X 射线衍射技术和透射电镜进行表征，结果表明纳米氧化物/高岭石复合材料的形成以及纳米氧化物均匀的分散在高岭石表面无明显团聚现象，X 射线光电子表征分析可知还原后的样品产生了氧空位可明显增加催化活性。结合密度泛函理论计算，发现纳米氧化物/高岭石复合材料的高性能电催化性能与其界面微观结构与电子传输有关，具备在环境及能源领域的应用前景。

关键词：粘土矿物，高岭石，纳米氧化物，界面机理，性能

A05-44

煤基电容器的电学性能分子动力学研究

刘悦，李岩帅，孙青阳，杨绍斌，汤家喜
辽宁工程技术大学

溶剂化膜减薄机制能够大幅度提高电容器的微孔导电机制，但是现在对于溶剂化膜和多孔碳表面的官能团的相互作用机制还不是很清楚。本研究采用分子动力学计算方法，分别对多孔碳中羧基、羟基和醇基官能团对溶剂中的硫酸根离子的结合过程进行分析，计算不同官能团的结合能，以及硫酸根离子的移动过程，发现不同的官能团对溶剂离子的吸附能力有明显差别，研究对于选择富集选定的官能团，提高溶剂化膜减薄机制对电容器电容量的贡献有预测作用，便于选择优化的煤炭材料制备煤基电容器。

关键词：煤，电容器，溶剂化膜，分子动力学

A05-45

粘土矿物基相变材料应用于建筑节能领域的研究进展

李建文^{1,2}, 左小超^{1,2}, 杨华明^{1,2}

- 1.中南大学资源加工与生物工程学院
- 2.中南大学矿物材料及其应用湖南省重点实验室

潜在的全球性能源危机使得建筑节能势在必行。相变材料因其优越潜热性能而在建筑节能领域引起了广泛的关注，但相变材料在实际应用中普遍存在易泄露、低导热、腐蚀强等缺点，需与结构稳定的支撑基体复合，改善它在建筑领域的应用性能。天然粘土矿物凭借其丰富孔道结构、优良导热性能、良好的化学兼容性等特点，已被广泛用作定型复合相变储热材料的支撑基体。本文首先介绍了高岭土、珍珠岩、膨润土、蛭石等矿物基定型相变材料的制备方法，探讨了矿物基定型相变材料在相变砖、相变石膏板、相变混凝土、相变砂浆等多个领域的应用现状，最后对具有相变功能建筑材料的发展趋势和应用前景进行了展望。

关键词：建筑节能，相变材料，粘土矿物，相变建筑材料

A05-46

二氧化碳沉淀法制备白炭黑粉体及其应用研究

金胜明，张雨英，刘文博，盛速，刘战

沉淀白炭黑是具有丰富的活性羟基的水合二氧化硅，是一种重要的无机功能填料，在工业上有非常广泛的应用。传统白炭黑生产是以水玻璃为原料，采用无机酸沉淀法，结构控制困难且产生大量高盐废水。开发绿色低碳制备工艺生产白炭黑粉体以及表面调控结构调控，在目前的工业生产中具有重要意义。本研究报道了沉淀白炭黑的应用研究进展及以水玻璃为原料，采用 CO_2 为沉淀剂直接聚合制备沉淀白炭黑，采用 UV-vis、 $^{29}\text{SiNMR}$ 、TEM、FTIR 等方法研究其聚合机理、结构、表面羟基状态以及白炭黑的应用性能。结果表明 CO_2 沉淀水玻璃的过程分为三个阶段，每个阶段中的 Si 原子的化学环境不同，其变化从多聚体→松散的聚集体→ Q^4 结构为主的水合二氧化硅颗粒，TEM 形貌表现为线型结构和球形结构，并通过回归拟合计算了第一阶段的聚合反应活化能为 43.377 KJ/mol；通过 FTIR 和探针吸附表明沉淀白炭黑表面羟基分为 L-羟基和 B-羟基，羟基稳定性具有较大的差别。 CO_2 沉淀白炭黑粉体与橡胶或硅橡胶混炼后，其拉伸强度、补强系数和回弹性等力学性能显著提高。

关键词：沉淀白炭黑，二氧化碳，表面羟基，聚合

A05-47

Mechanical properties and microstructure of epoxy resin enhanced oil-well cement stone

Mingdan He¹, Ming Li¹, Yongjin Yu², Weiyuan Xiao¹, Junlan Yang¹, Hao Wang¹

1. Southwest Petroleum University

2. CNPC Engineering Technology Research Institute

墙展

A05-P01

SiC/SiO₂/Al 及 SiC/Ni/Al 界面行为研究

王小红，王丽，钟诗宇，胡桥刚，王海伦，林元华

西南石油大学材料科学与工程学院

高温氧化和化学镀镍是两种常见的改善 SiC/Al 界面润湿性的表面改性工艺，研究 SiC/SiO₂/Al 和 SiC/Ni/Al 界面层的结构及性能对铝合金钻杆的制备与成形工艺具有十分重要的意义。本文分别用氧化改性、镀镍改性后的碳化硅颗粒经熔铸法制备了 6.5%SiC/Al-Cu-Mg-Zn 复合材料，分析了 SiC/SiO₂/Al 和 SiC/Ni/Al 两种界面的微观结构，测试了两种复合材料的拉伸、压缩性能及硬度。研究表明：SiO₂/Al 界面清晰平滑，未出现气孔、微裂纹等缺陷，在该界面处发生了化学反应生成了 MgAl_2O_4 相，提高了界面润湿性，阻碍了有害产物 Al_4C_3 的生成；Ni/Al 界面光滑清晰致密，未出现气孔、微裂纹等缺陷，在该界面处发现了一层与铝基体紧密结合的微晶层，结合强度较高。经高温氧化和化学镀镍两种工艺改性的 SiC 颗粒在复合材料中大多均分布在复合材料晶界处，采用化学镀镍改性碳化硅颗粒制备的 6.5%SiC/Al-Cu-Mg-Zn 复合材料，SiC 颗粒在复合材料铸锭中分布较氧化改性碳化硅颗粒制备的 6.5%SiC/Al-Cu-Mg-Zn 复合材料更均匀且未出现团聚现象。镀镍改性碳化硅颗粒制备的 6.5%SiC/Al-Cu-Mg-Zn 复合材料抗拉强度、高温抗压强度、维氏硬度分别为 173 MPa、235.4 MPa、120.73 HV，分别较氧化改性碳化硅颗粒制备的 6.5%SiC/Al-Cu-Mg-Zn 复合材料高 8.125%、44.6%、23.65%。

关键词：SiO₂/Al Ni/Al，SiC/Al-Cu-Mg-Zn，氧化改性，化学镀镍

A05-P02

镀镍改性 SiC 颗粒对 SiCp/7075 复合材料压缩损伤的影响

王小红，胡桥刚，钟诗宇，党腾，王海伦，林元华

西南石油大学

碳化硅与铝之间的润湿性差，熔铸法制备 SiCp/7075 复合材料时碳化硅加入困难或加入后碳化硅在铸锭中分布不均匀，对 SiCp 进行表面镀镍改性，可显著减小 SiC/Al 的润湿角，改善碳化硅在 SiCp/7075 的分布均匀性。本论文采用 DEFOEM-3D 软件对采用镀镍改性的碳化硅增强的 6.5%SiCp/7075 的热压缩过程进行数值模拟，重点研究了镀镍改性碳化硅形状及粒径对其压缩损伤的影响规律，探讨了 SiC/Ni/Al 界面层在热压缩过程中的变形特点。数值模拟结果表明在压缩温度为 400 °C，压缩比为 15，压缩速率为 0.03 s⁻¹ 时，粒径为 15 μm 的球形镀镍改性碳化硅颗粒增强的 6.5%SiCp/7075 压缩损伤值最小，为 0.0426。采用与数值模拟相同的压缩参数对粒径为 15 μm 的球形镀镍改性碳化硅颗粒增强的 6.5%SiCp/7075 进行热压缩实验，经热压

后的试样具有光滑的表面，几乎没有明显的裂纹，与数值模拟结果较为一致。

关键词：镀镍改性，SiC 颗粒，压缩损伤，颗粒尺寸，颗粒形貌

A05-P03

基于 Aspen adsorption 模拟改性赤泥粉煤灰吸附水中磷酸根离子

班斓，李龙江

贵州大学

赤泥粉煤灰对水中的重金属离子如 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 和 Cd^{2+} 离子均有较好的吸附效果。本文借助 aspen adsorption 模拟软件，在宏观上对赤泥粉煤灰吸附磷酸根的吸附过程进行模拟。使用 Aspen properties 输入组分提供物理属性数据；使用新的 CSS 模型建模参数估计，建立单塔吸附模型：设置进料流量 0.001、0.002、0.003 m^3/s ，进料 50 mg/m^3 的初始条件下，使用稳态和动态回归的参数拟合模拟穿透曲线，得到磷酸根以不同进样浓度通过改性赤泥粉煤灰固定床的透出浓度 (c) 和时间 (t) 的关系和沿床层轴向的分布。通过分析曲线的变化规律，考察进料浓度，进料流量和传质系数等对吸附过程和穿透曲线的影响。预测穿透曲线关于曲线“半浓度”点对称，对模型中的参数进行估计。结果表明：随进料磷酸根离子，进料流量的增大，吸附床层的穿透曲线均前移，进料流量对实验影响更显著。本研究中采用相关性法和相对误差分析法分析模拟结果，使模拟数据与实验数据的相对误差绝对值小于 10%，相关系数值远大于 0.95，说明所建立的模型适用于改性赤泥粉煤灰吸附脱磷酸根离子。本模拟为此吸附过程的实验室规模设计提供了数据参考，并减少了工作量节约了实验成本。

关键词：aspen adsorption，吸附，穿透曲线

A05-P04

不同尺寸 Si@C 复合材料制备及其电化学性能研究

王鸣，查志飞，谷贞臣，杨绍斌

辽宁工程技术大学

硅材料放电平台较低，自然界储量高，价格便宜，安全无毒，理论容量高达 4200 $mA \cdot h/g$ 。然而硅在充放电过程中伴随着较大体积变化(>300%)，限制了其商业化应用。为了有效的抑制硅材料在循环过程中发生的体积变化，本文利用葡萄糖作为碳源制备不同直径的具有核壳结构的 Si@C 复合材料，并对其电化学性能进行了研究。直径为 60 nm Si 颗粒与碳的质量比为 1:2、1:1、2:1 的复合材料的首次放电容量分别为 670、2157 和 763 $mA \cdot h/g$ ，首次充放电效率分别为 72.2%、47.8%、60.8%。直径为 5 μm Si@C 复合材料(质量比为 1:2、1:1、2:1)首次放电比容量分别为 2314、2231 和 1972 $mA \cdot h/g$ ，而首次充放电效率分别为 8.8%、13.2%、11.0%。研究发现随着 Si 颗粒尺寸从 5 μm 降低到 60 nm，复合材料首次放电容量降低，首次充放电效率得到了提高。

关键词：Si@C 复合材料，核壳结构，电化学性能，水热合成

仅发表论文

A05-PO-01

含油岩屑回收处理及二次利用

杨子莘，马天寿

西南石油大学

页岩气钻井会产生大量固体废弃物，尤其是使用油基泥浆钻井时产生的含油岩屑对环境污染造成了巨大的挑战。大量含油固体废弃物的存放将会占用大量土地资源，其焚烧处理会消耗大量能量，而且会产生二噁英污染大气。本文提出一种新的处理思路，即：将含油固体碾碎分级，然后采用超亲水涂层材料包覆技术改变岩屑表面物性，进而将亲油表面变为亲水表面，行成制造海绵砖的原料。海绵砖（透水砖）是建造海绵生态城市不可或缺的材料。利用该技术制成了海绵砖样品，并进行指标测试。结果表明，透水率、抗压强度均满足要求，实现了含油岩屑二次利用的目的。

关键词：含油岩屑，二次利用，表面改性，海绵砖，生态城市

A05-PO-02

异种铝合金激光复合焊接接头性能表征

陈孝文¹, 赵鹏飞¹, 李婷², 张德芬¹, 蒋烜¹, 蔡丽萍¹, 施太和³

- 1.西南石油大学
- 2.西南交通大学
- 3.西南石油大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

利用激光-MIG 复合焊方法对 5083 铝合金和 6063 铝合金进行了焊接, 得到了三种不同焊接速度下的异种铝合金激光复合焊焊接接头, 使用拉伸试验机、冲击试验机、显微硬度计、金相显微镜和电化学工作站对接头的力学性能和耐腐蚀性能进行了表征。结果表明, 焊接速度为 12 mm/s 的接头试样焊缝硬度最高, 平均为 75 HV, 抗拉强度和伸长率达到 5083 铝合金母材的 74.5%和 16.0%, 三种接头拉伸试样断裂位置均在 5083 铝合金一侧热影响区, 试样断口聚集大量韧窝, 为“微孔聚集型”的韧性断裂, 5083 铝合金一侧热影响区的冲击功较高。由极化曲线测试结果可知, 当焊接速度为 12 mm/s 时, 耐腐蚀性由强到弱依次为 5083 铝合金、焊缝、6063 铝合金。

关键词: 异种铝合金, 激光复合焊, 组织, 性能

A05-PO-03

7075/2A12 异种铝合金 FSW 接头耐腐蚀性能实验研究

张德芬¹, 宫丽杰¹, 陈孝文^{1,2}, 余思越¹, 蒋烜¹, 曾德智^{1,2}

- 1.西南石油大学
- 2.油气藏地质及开发工程国家重点实验室

本文主要是对 7075/2A12 异种铝合金搅拌摩擦焊接头晶间腐蚀性能进行了研究。实验采用转速 1000 r/min, 焊速 80 mm/min 的参数对 5 mm 厚的 7075/2A12 异种铝合金进行搅拌摩擦焊, 7075 铝合金置于前进侧时, 搅拌针长度 4.5 mm, 下压量 0.3 mm, 倾角 2.5°, 轴肩直径 20 mm。然后对所得焊接接头取样进行组织观察和晶间腐蚀实验。通过观察发现在焊核区出现了洋葱环, 该区域为细小均匀分布的等轴晶组织, 晶粒平均尺寸为 8.2 μm ; 前进侧热影响区晶粒大小为 10.1 μm , 回退侧热影响区晶粒大小为 12 μm 。前进侧热影响区晶粒长度 610 μm , 宽度 42.8 μm ; 回退侧热影响区晶粒长度 71.7 μm , 宽度 21.9 μm 。整个焊核区耐晶间腐蚀性能很好, 最大腐蚀深度仅为 16.7 μm , 评为 2 级腐蚀。2A12-T4 母材也表现出良好的耐晶间腐蚀性能, 最大腐蚀深度为 58.3 μm ; 而 7075-T6 母材耐晶间腐蚀性能很差, 最大腐蚀深度高达 381.0 μm 。由实验结果可以得知两侧热影响区晶粒都有所长大, 但前进侧热影响区更为明显。接头前进侧的抗晶间腐蚀性能整体上不如回退侧, 接头焊核区的耐晶间腐蚀性能最好, 最大腐蚀深度仅为 16.7 μm 。2A12-T4 母材耐晶间腐蚀性能要好于 7075-T6 母材。

关键词: 搅拌摩擦焊, 异种铝合金, 晶粒, 焊接接头, 组织, 晶间腐蚀

A05-PO-04

砂泥岩混层段套管损坏机理研究

王峰, 练章华
西南石油大学

在砂泥岩夹层由于套管受力不均, 极易引发套管损坏, 进而影响油田的经济效益。本文针对砂泥岩夹层套损问题, 基于弹塑性力学以及疲劳与断裂理论, 建立了砂泥岩混层的三维轴对称模型, 开展地应力、固井质量以及注水地层的塑性流动等因素对套管损坏机理的深化研究, 并确定套损主控因素。研究表明: 由于注采不平衡, 导致地层亏空段, 在上覆地层压力的作用下, 将储层孔隙压实, 地层下沉导致套管受到轴向压缩力的作用而发生屈曲变形, 同时产生不可恢复的塑性变形破坏。对套损严重的区域, 可采用优化注采参数, 保持注采平衡的方式以保持地层稳定。

关键词: 套损, 砂泥岩, 主控因素

A05-PO-05

改性粉煤灰吸附十二烷基硫酸钠的研究

付凯^{1,2,3}, 刘志红^{1,2,3}, 耿超^{1,2,3}, 贾子龙^{1,2,3}, 肖域^{1,2,3}

- 1.贵州大学, 贵州贵阳, 550025
- 2.喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室, 贵州贵阳, 550025
- 3.贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室, 贵州贵阳, 550025

通过对粉煤灰的改性, 研究改性粉煤灰对磷矿浮选药剂十二烷基硫酸钠的吸附性能。采用 X 射线荧光光谱仪分析粉煤

灰的成分和含量。粉煤灰先通过机械研磨进行物理改性, 后经过高温焙烧和化学改性, 使粉煤灰形成更多的孔道。扫描电镜观察改性前后表面形貌。用改性前后的粉煤灰对磷矿浮选药剂十二烷基硫酸钠进行吸附试验。C80 微量热仪分析改性前后的吸附热流值。测定改性粉煤灰的吸附等温线, 并采用 Langmuir 和 Freundlich 等温方程式分析。采用准一级动力学模型、准二级动力学模型、Bangham 孔道扩散模型和 Weber and Morris (W-M) 动力学模型进行吸附动力学分析。

关键词: 粉煤灰, 吸附, 废水, 十二烷基硫酸钠

A05-PO-06

磷渣对普通硅酸盐水泥力学性能及缓凝机理研究

吴一鸣^{1,2,3}, 李龙江^{1,2,3}

1. 贵州大学矿业学院
2. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室
3. 贵州省优势矿产资源高效利用工程实验室

磷渣是用高温电炉以磷矿石为原料提炼黄磷过程中排出的一种工业废渣, 将其资源化显得尤为迫切。本文研究了磷渣掺量与比表面积对普通硅酸盐水泥凝结时间以及水泥胶砂强度的影响。研究表明: 随着磷渣粉掺量的增加, 磷渣水泥凝结时间逐渐增长, 抗折强度和抗压强度逐渐降低, 但后期强度发展迅速, 基本能与空白组持平甚至超过空白组; 随着比表面积的增加, 磷渣水泥凝结时间逐渐增长, 水泥胶砂强度逐渐增高。其次, 为了对磷渣的缓凝机理有更进一步的了解, 向水泥中分别掺入易溶性和难溶性的磷酸盐和氟盐, 研究对普通硅酸盐水泥凝结时间的影响。研究表明: 无论是易溶性和难溶性的磷酸盐还是氟盐, 在较低的掺量下均能对水泥产生缓凝作用。随着 P_2O_5 和 F 当量掺量增加, 易溶性的 NaH_2PO_4 和难溶性 CaF_2 、 $Ca(H_2PO_4)_2$ 会显著延长水泥的凝结时间; 易溶性 NaF 和难溶性 $Ca_3(PO_4)_2$ 则不会产生缓凝, 甚至会出现速凝; 而 Na_3PO_4 和 KF 的凝结时间是先增加后降低。最后, 对部分样品进行水化热测试、化学结合水测试、XRD 分析、SEM 分析等一系列微观手段进一步阐释缓凝机理。

关键词: 磷渣, 缓凝机理, 力学性能

A05-PO-07

改性坡缕石对有机污染物的吸附降解研究

谢飞^{2,1,3}, 张杰^{1,3,4}

1. 贵州大学矿业学院
2. 贵州大学材料与冶金工程学院
3. 喀斯特地区优势矿产资源高效利用国家地方联合工程实验室
4. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室

坡缕石作为一种应用历史悠久的黏土矿物, 其在颜料方面的应用可以追溯到玛雅时代, 神秘的玛雅蓝承载的靛蓝色能经受千年的风化腐蚀而不朽。已有研究表明, 玛雅蓝的强稳定性与坡缕石对有机物的优异吸附能力有关, 由此出发坡缕石作为有机物吸附剂, 已被广泛应用于环境矿物材料领域。然而近年来对坡缕石的研究重点仅着眼于如何提高坡缕石对有机污染物的吸附能力, 针对如何将坡缕石进行表面改性, 促使被吸附的有机污染物降解的研究尚未引起研究者的注意。本论文通过超声共沉淀法, 在坡缕石表面上负载具有 Fenton 降解能力的 Fe^{2+}/Fe^{3+} 活性粒子, 使得改性坡缕石不但具有了优异的有机污染物吸附能力, 还具备了有机污染物的高效降解能力, 大大提高了坡缕石作为环境矿物材料的应用前景。

关键词: 坡缕石, 吸附, Fenton 反应, 有机污染物, 环境矿物材料

A05-PO-08

粉煤灰碱熔融-水热法合成沸石试验研究

吴迪秀, 罗柳, 贾玉娟, 程伟

贵州大学

通讯作者简介: 程伟 (1983-), 男, 湖北黄冈人, 博士, 副教授, 硕导, 从事矿产资源综合利用方面教学与科研工作。电话: 13595134046; 电子邮箱: wchengl@gzu.edu.cn

以贵州某地粉煤灰为原料, 采用“碱熔融-水热合成法”工艺合成沸石, 以单因素法考察不同的碱灰比、焙烧时间、晶化温度、晶化时间对沸石合成的影响, 采用扫描电镜 (SEM)、X 射线衍射仪 (XRD) 对合成沸石表面形貌和晶体特征进行

表征, 考察合成沸石对 Cu^{2+} 的吸附效果。

原粉煤灰水分为 0.25%, 烧失量为 5.33%, 粉煤灰中水分、有机质含量较少, 因此粉煤灰合成沸石前无需烘干及煅烧。用标准筛对粉煤灰进行筛析试验表明, 粉煤灰中-0.075 mm 粒级的含量较高, 为 87.94%, 说明粉煤灰的粒度极细, 与氢氧化钠混合时较均匀, 无需研磨, 可直接进行合成试验。X 射线荧光光谱仪(XRF)测定原粉煤灰中主量元素含量为 SiO_2 占 41.45%, Al_2O_3 占 20.01%, 铝硅比为 1:1.04, 可以合成 A 型沸石, 其次含量最多的是 Fe_2O_3 和 CO_2 , 分别为 14.16%和 16.13%。X 射线衍射仪(XRD)分析表明, 莫来石和石英的含量最高, 二者之和为 86.0%, 莫来石主要含铝, 还含有少量硅, 石英主要含硅, 因此采用碱熔融-水热合成法制备沸石。

通过条件优化试验研究, 得到如下结论: (1) 贵州某地粉煤灰铝硅比大约为 1:1, 不补加铝源或硅源, 采用碱熔融-水热合成法即可合成 A 型沸石。在焙烧温度 650°C , 碱灰比 1.3:1、焙烧时间 60 min、晶化温度 100°C 、晶化时间 8 h 条件下制备得到晶型较好、对 Cu^{2+} 吸附效果较好的 A 型沸石。(2) 用合成的较为理想的沸石产品对 Cu^{2+} 进行吸附, 吸附率可达 98 % 左右, 证明碱熔融-水热合成法对贵州某地粉煤灰合成沸石具有一定应用意义。

关键词: 粉煤灰, 碱熔融法, 水热合成法, 沸石

A05-PO-09

激光烧结 CrFeAlNiSix 多孔高熵合金材料组织及性能研究

李刚

辽宁工程技术大学

以 CrFeAlNiSi 系高熵合金为研究对象, 添加不同含量的 Si 元素混合并压坯, 采用激光诱导自蔓延烧结制备 CrFeAlNiSix ($x=0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0$) 多孔高熵合金材料。利用金相显微镜、SEM、EDS、XRD、显微硬度计及磨料磨损机等试验设备, 分析了不同 Si 含量的 CrFeAlNiSix 多孔高熵合金材料显微组织、物相结构及力学性能。结果表明: 合金组织内部均匀分布有大量的宏观孔隙和微观气孔, $x=0.4$ 时, 合金的孔隙大小匀称分布最为均匀。 $x\leq 0.4$ 时, 合金由 BCC 相构成, $x\geq 0.6$ 时, 合金在 BCC 相结构的基础上出现 FCC 相。 $x=0.6$ 时, 合金的硬度值最大, 为 522.3 HV; 磨损率最小, 为 $73.41 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$; 密度最大, 为 $4.354 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$; 孔隙率 (17.1%) 最小。 $x=0.2$ 时的多孔高熵合金孔隙率最大, 为 39.92%。

关键词: 高熵合金, 激光烧结, 多孔材料, 孔隙率

A05-PO-10

混酸提纯工艺对微晶石墨结构及电性能的影响

杨森, 杨绍斌, 任瑞晨, 董伟

辽宁工程技术大学

采用 HCl-HF 法提纯微晶石墨, 制备锂离子电池。利用 XRD、拉曼光谱和 SEM 等分析了提纯前后微晶石墨的结构和表面形貌, 并通过恒电流充放电、循环伏安等测试了样品的电化学性能。试验结果表明: 在液固比为 2:1, HF 体积分数为 40%, 反应时间为 3 小时, 反应温度为 60°C 时, 提纯后的样品杂质含量明显降低, 固定碳含量从 80%达 99.2%, 层间距增大, 石墨化程度提高。提纯前后分别制备锂离子电池, 提纯后的电池不可逆容量损失从 398 mAh/g 减小到 188 mAh/g, 可逆容量从 681 mAh/g 提高到 732 mAh/g, 首次库仑效率从 42%提高到 57%, 而且循环性能得到一定改善。

A05-PO-11

316L 不锈钢在 Cl⁻ 腐蚀介质作用下的腐蚀行为

谢军军, 宁玉恒, 尹健, 孙旭

大唐东北电力试验研究院有限公司

近年来, 316L 不锈钢凭借其优良的综合力学性能和耐蚀性越来越广泛地应用在热核工业、石油化工等领域。特别是在石油行业, 316L 不锈钢因其对 CO_2 等介质具有比较高的耐腐蚀性能, 通常被用作油田管道和储罐。但是 316L 不锈钢在高 Cl^- 浓度的环境下会发生点蚀, 使这些设备存在潜在的风险。目前, 尚未有足够的证据表明在较大应力和高 Cl^- 浓度的协同作用下是否会促进 316L 不锈钢发生点蚀以及应力腐蚀开裂, 这给该材料的应用和推广带来了较高风险。针对这一现象, 本文通过在腐蚀介质中建立恒应力条件, 并利用扫描电镜 (SEM) 对断口形貌分析, 研究 316L 不锈钢在不同 Cl^- 浓度溶液中的腐蚀行为、应力腐蚀开裂以及腐蚀蠕变等问题。主要结论如下:

(1) 316L 不锈钢在应力和腐蚀介质的协同作用下, 随着溶液中 Cl^- 浓度的增加, 试样的断裂时间从 37 天降到 12 天,

塑性损失从 40%降到 4%，即 316L 不锈钢应力腐蚀敏感性增强。

(2) 通过对断口形貌观察发现：随着溶液 Cl^- 浓度的增加，微观断裂形貌韧窝尺寸变大，数量减少，出现类似河流花样的形状，呈现脆性断裂的趋势。即溶液 Cl^- 浓度增加，316L 不锈钢的断裂方式由韧性断裂向脆性断裂转变。

(3) 316L 不锈钢在应力和腐蚀介质的协同作用下也会发生腐蚀蠕变现象，腐蚀蠕变速率经历减速蠕变阶段—稳态蠕变阶段—加速蠕变这三个阶段。随着溶液 Cl^- 浓度的增加，稳态蠕变速率从 $1.8 \times 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 增加到 $4 \times 10^{-7} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，稳态蠕变阶段降低。

关键词：316L 不锈钢，恒应力，应力腐蚀开裂，腐蚀蠕变

A05-PO-12

智能材料在油田中的应用

赵汨凡，邸伟娜

中石化石油工程技术研究院

目的：油气领域相关工程技术具有明显的跨学科性，横跨材料、化学、测控技术、电子信息、机械等多个学科，通过跨学科交叉，引入相关前沿技术，不断实现各种新技术的现场应用。近年来，新型功能材料特别是智能材料已经在遇气自愈合固井水泥、可膨胀高分子、高耐磨工具表面预处理等领域得到较好的应用，并取得良一定的经济效益。正是基于新型材料应用对油气领域新技术的推动作用，国内外的主要油服公司对新型功能材料，特别是智能材料的最新进展开展了跟踪研究，通过对新材料进行评估，能够为研发新一代钻油气工程技术提供有益参考。

方法：通过现场需求分析、应用环境比较分析、材料性能分析等手段，具体评估纳米可降解材料、温敏聚合物材料、遇水自愈合材料在油气领域的潜在应用可行性。

结果：基于对油气领域工程技术特点和现场需求的分析，本文主要对纳米可降解材料、环境响应材料等的应用方向及前景进行了研究，提出了国内开展相应研究的发展建议。

结论：借鉴智能材料相关研究经验，同时结合国内实际工程需求，建议持续开展智能材料在油气工程领域的应用研究，有望改善页岩地层的井壁稳定性、提高井下封堵的长效性、提高作业效率，实现降本增效。

关键词：智能材料，油田应用

A05-PO-13

L-天冬氨酸诱导合成球霏石型碳酸钙工艺研究

胡名益¹，黄梦萍¹，金胜明¹

1.中南大学资生院

2.矿物材料及其应用湖南省重点实验室

球霏石是碳酸钙的亚稳态晶体结构，在生物医药领域具有潜在的应用价值。以 CaCl_2 和 NaCO_3 为原料，L-天冬氨酸为晶型控制剂，在常温下通过水溶液法制备了球霏石型碳酸钙。研究了 L-天冬氨酸、反应温度、溶液 pH、反应时间、反应物浓度等工艺条件对反应产物的晶型和形貌的影响规律，并通过 XRD、SEM、BET 和 TEM 等表征手段对反应物的物相和形貌进行表征，结果显示表明：反应时间对产物晶型和形貌不会有明显影响；反应温度越高，产物中球霏石含量越低；反应物浓度对产物的晶型不会有明显的影响，但形貌影响显著，浓度越低产物结构的手性越明显；L-天冬氨酸含量会显著影响产物的晶型，其中当 L-天冬氨酸与 Ca^{2+} 物质的量比例为 1:2 时，球霏石产量达到最高；当溶液 pH 控制在 8-9 之间时，L-天冬氨酸才能够诱导反应生成球霏石型碳酸钙，并分析了诱导手性结构球霏石生成机理，为球霏石制备与应用研究提供了参考价值。

关键词：碳酸钙，球霏石，L-天冬氨酸，形貌调控