

材料科学与工程学院

绿色高性能建筑材料团队



河南理工大学
材料科学与工程学院



河南理工大学所在地 - 郑州、焦作两地办学



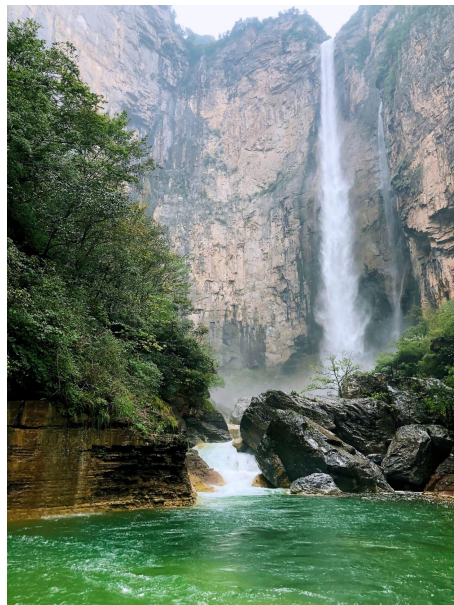
旅游



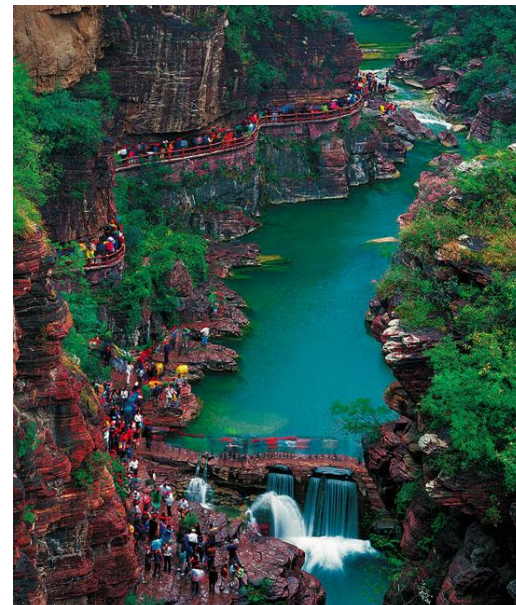
茱萸峰



药王孙思邈



亚洲第一瀑布
小寨沟314m



华夏第一奇峡 - 红石峡

- ◆ 茱萸峰是云台山的主峰，景区内的药王洞，相传是唐代药王孙思邈采药炼丹的地方；
- ◆ 重阳阁，王维名诗<九月九日忆山东兄弟>：“独在异乡为异客，每逢佳节倍思亲，遥知兄弟登高处，遍插茱萸少一人。”即于此峰有感而作。

焦作市 - 四大怀药、陈氏太极拳发源地



河南理工大学
Henan Polytechnic University

养生



怀山药



怀菊花



怀牛膝



怀地黄

健身



焦作 - 陈氏太极拳的发源地

河南理工大学简介 – 历史沿革



河南理工大学
Henan Polytechnic University

- ◆ 1909年，创办焦作路矿学堂，
- ◆ 1921年，学校更名福中矿务大学，
- ◆ 1933年，学校更名为私立焦作工学院，
- ◆ 1937年，抗日战争爆发，学校西迁陕西，
- ◆ 1938年，焦作工学院与北平大学工学院、北洋工学院、东北大学工学院合组成立国立西北工学院，
- ◆ 1949年，焦作工学院迁回焦作，更名为国立焦作工学院，
- ◆ 1950年，更名为中国矿业学院，
- ◆ 1951年，中国矿业学院主体迁往天津，原校址继续办学，建立焦作矿业学院，
- ◆ 1995年，恢复焦作工院校名，
- ◆ 2004年5月，更名为河南理工大学。

河南理工大学简介

- ◆ 中国矿业高等教育**发源地**；河南省人民政府与国家**应急部**共建高校，河南省国家**“双一流”**高校创建工程，河南省特色骨干大学；材料科学、工程学、地球科学的**6个**学科进入ESI全球排名前1%；**22个**省一级重点学科、**5个**省特色骨干学科群科。
- ◆ 占地面积**4100余亩**，82个本科专业，涵盖工、理、管、经、文、医等**九**大学科门类，全日制在校生**5万余人**；6个博士后科研流动站、**8个**一级学科**博士点**、20个一级学科硕士点、8个硕士专业学位授权类别，具有硕士学位推免权和开展本硕、硕博连读资格，在校研究生**7000**多人。



焦作工院校貌



河南理工大学俯瞰图



河南理工大学西门

材料科学与工程学院简介



河南理工大学

Henan Polytechnic University

- 1921年，设置采矿冶金科
- 1946年，金属材料加工学科
- 1995年，无机非金属材料学科
- 2005年，材料科学院成立

在校生2800多名，其中博士、硕士生400多名



河南理工大学

材料科学与工程学院



- ◆ 材料科学学科进入ESI全球排名前4.2‰；河南省“前沿新材料与储能降碳”特需急需特色骨干学科群，材料科学与工程省一级重点学科、新能源技术与储能技术新兴交叉学科。
- ◆ 学院有4个专业，分别为材料科学与工程、材料成型及控制工程、新能源材料与器件、智能材料与结构专业，在校生2800多名，其中研究生400多名。
- ◆ 建成材料科学与工程博士后科研流动站、材料科学与工程一级学科博士点、材料科学与工程一级学科硕士点、材料与化工专业学位授权点。

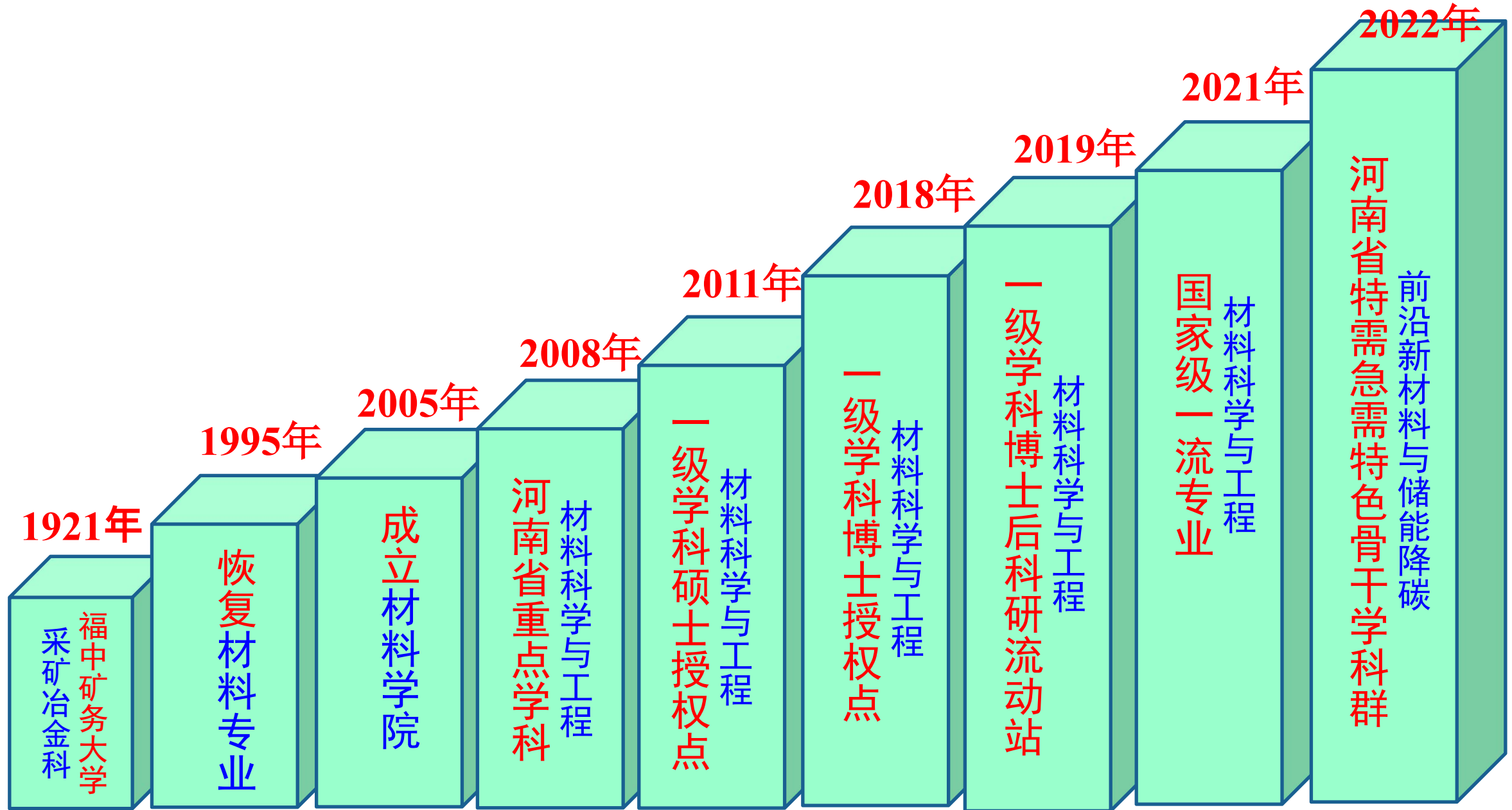


材料科学与工程学院简介



河南理工大学

Henan Polytechnic University



- ◆ 材料科学与工程**博士后科研流动站**、材料科学与工程**一级学科博士点**,
- ◆ 材料科学与工程**一级学科硕士点**、材料与化工**专业学位授权点**,
- ◆ 材料科学学科**进入ESI全球排名前4.2‰**,
- ◆ 河南省“**前沿新材料与储能降碳**”特需急需特色**骨干学科群**,
- ◆ 材料科学与工程**省一级重点学科**,
- ◆ 新能源技术与储能技术**省新兴交叉重点学科**。



本科专业

◆国家一流专业

材料科学与工程

◆新工科专业

新能源材料与器件

智能材料与结构

◆河南省重点现代产业学院

新材料产业学院

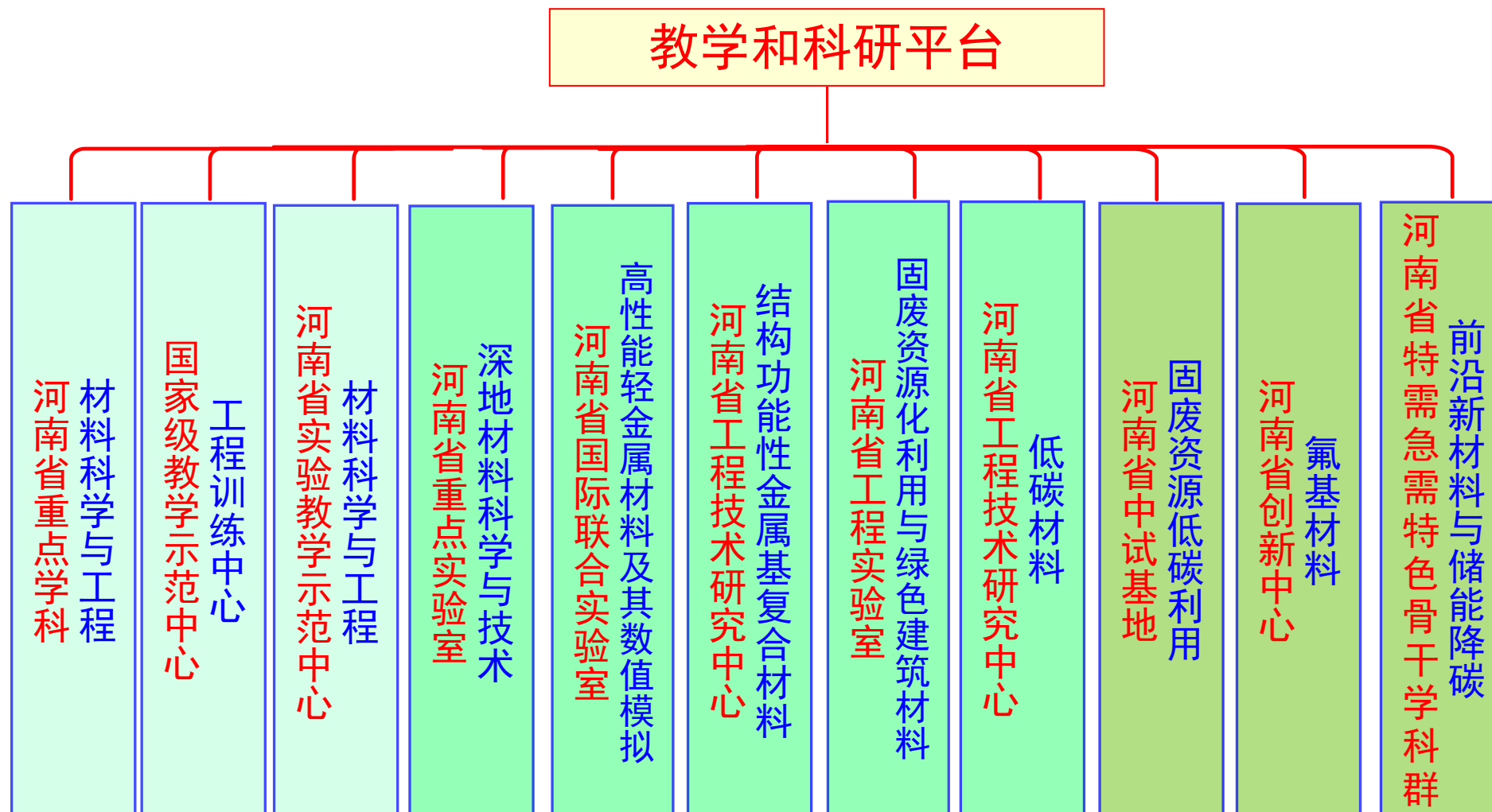
绿色建筑材料产业学院

◆河南省一流专业

材料成型及控制工程

教学质量工程项目 (21项)

- 材料科学与工程**国家一流专业**
- 材料科学与工程专业通过**国家工程教育专业认证**
- 《混凝土材料学》**国家一流课程**
- 《红色材料之旅》**国家一流课程**
- 《凝固技术及控制》**国家级双语教学示范课程**
- 材料成型及控制专业通过**国家工程教育专业认证**
- **工程训练中心 - 国家级实验教学示范中心**
- 材料成型及控制**河南省一流专业、特色专业**
- 材料科学与工程**河南省实验教学示范中心**
- 专业核心基础课程**省双语教学团队**
- 《材料科学基础》**河南省双语教学示范课程**
- 《混凝土材料学》**河南省双语教学示范课程**
- 建筑材料**省课程思政教学团队**



省级科研团队（6个）

- 绿色高性能建筑材料河南省杰出外籍科学家工作室
- 新能源材料与器件河南省高校科技创新团队
- 矿业材料河南省创新型科技团队
- 非平衡凝固与亚稳材料河南省科技创新团队
- 微尺度理论模拟与设计河南省科技创新团队
- 二维碳化物材料河南省高校科技创新团队

- 有来自全球排名前十大学的博士
- 95%的老师具有博士学位
- 40%以上有1年以上国外学习经历
- 河南省教学名师 2人
- 河南省科技创新人才 6人
- 河南省学术技术带头人 4人
- 教职工人数105人，专任教师95人
- 正高职称23人，副高职称37人



河南理工大学

HENAN POLYTECHNIC UNIVERSITY

绿色高性能建筑材料团队成果汇报

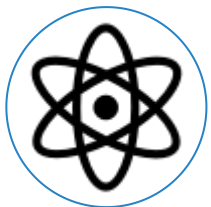


河南理工大学

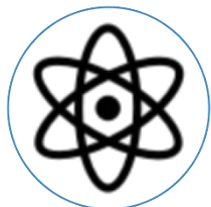
材料科学与工程学院



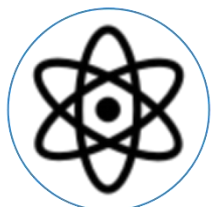
绿色高性能建筑材料团队科研方向



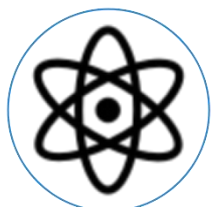
深地材料



工业固废资源化利用



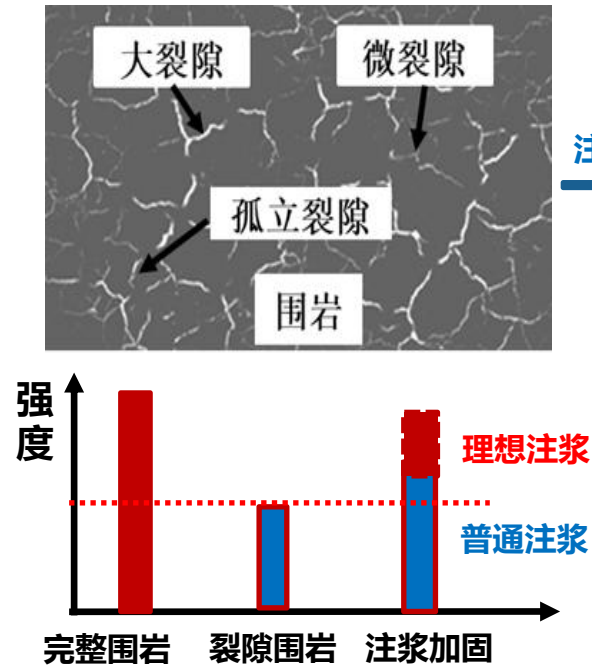
固碳建筑材料



建筑新材料

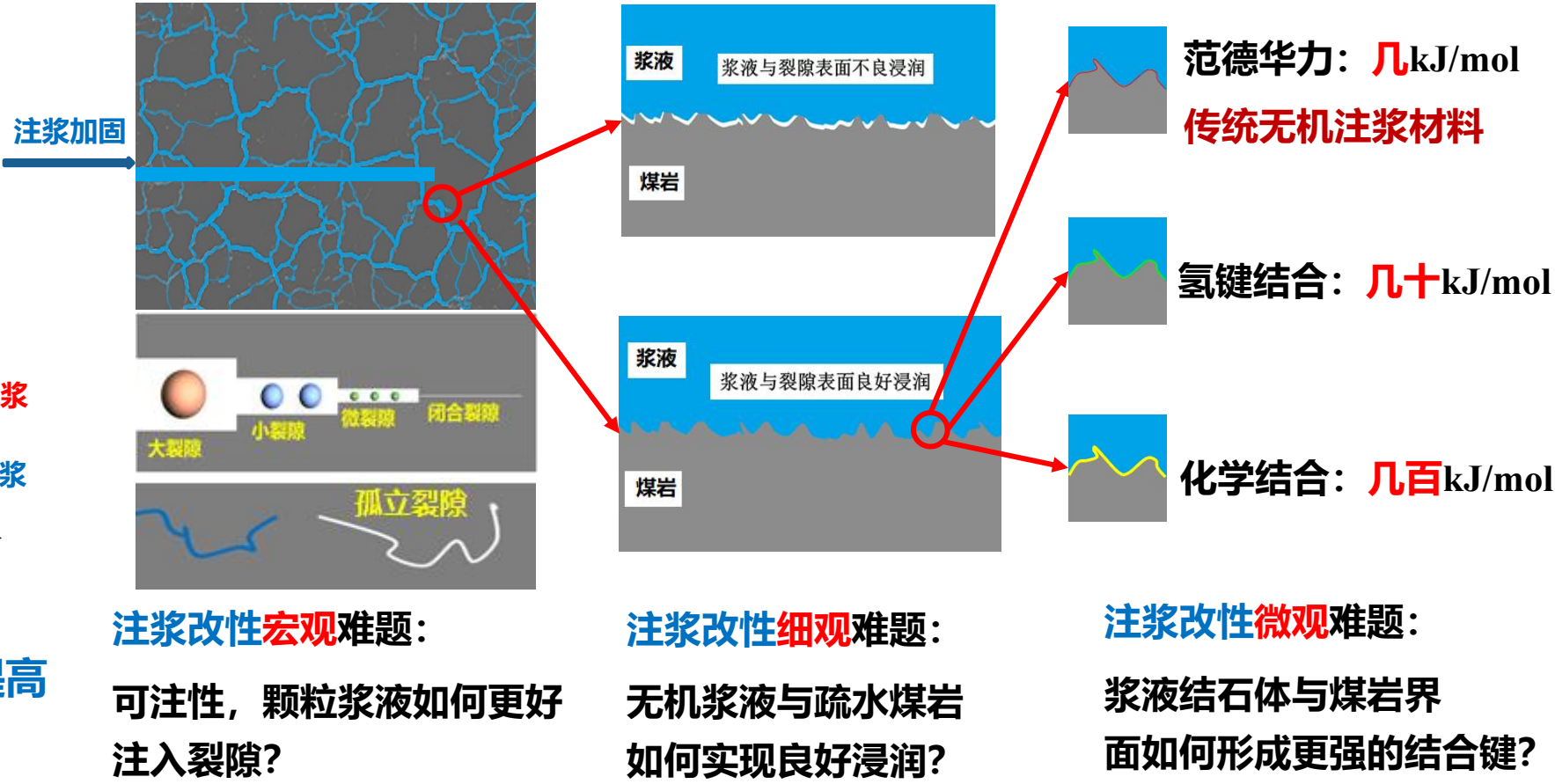
代表性成果一：深地材料-深地微纳米注浆材料

围岩裂隙特征



注浆加固目标：提高
巷道围岩自身力学性能

巷道围岩注浆加固面临的难题



注浆材料基本要求：注得进 粘得住 自身强

代表性成果一：深地材料-深地微纳米注浆材料

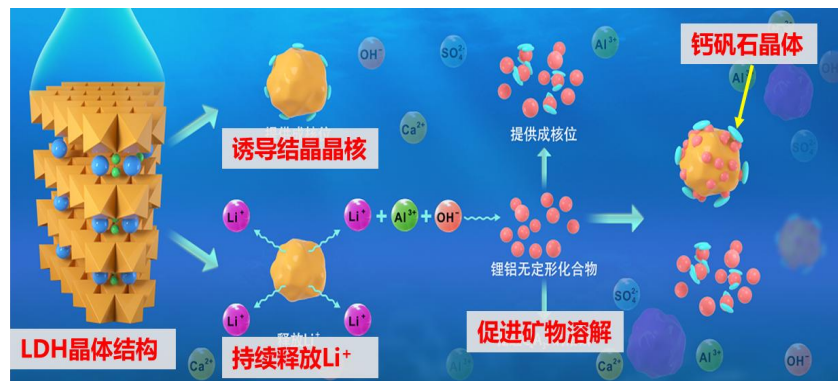
- 阐明了其纳米晶核作用与锂离子促溶作用协同增强新机理，开发了纳米锂铝类水滑石高效增强材料。
- 形成了“组分优化 + 超细化 + 纳米增强 + 有机改性”协同制备无机注浆材料新方法，开发了固废基深地工程系列微纳米无机有机复合注浆新材料，实现了无机注浆的“高可注、高早强、高粘结”性。克服了传统无机注浆材料凝结慢、早期强度低、煤体粘结力小性能缺点。
- 该研究获得国家重点研发计划课题（2017YFC060300 04）和国家自然科学基金面上项目资助。
- 形成了新型注浆材料—高压注浆设备—高压注浆工艺一体化的千米深井低渗透围岩高压注浆新技术。已在焦煤集团、河南平煤、山西潞安等多个矿区应用。



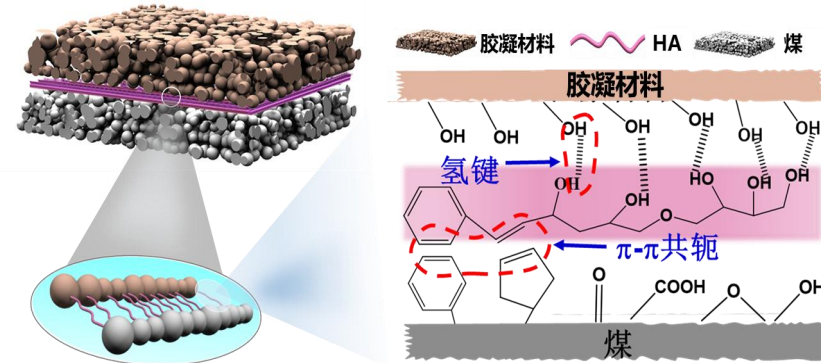
纳米锂铝类水滑石



有机调节剂

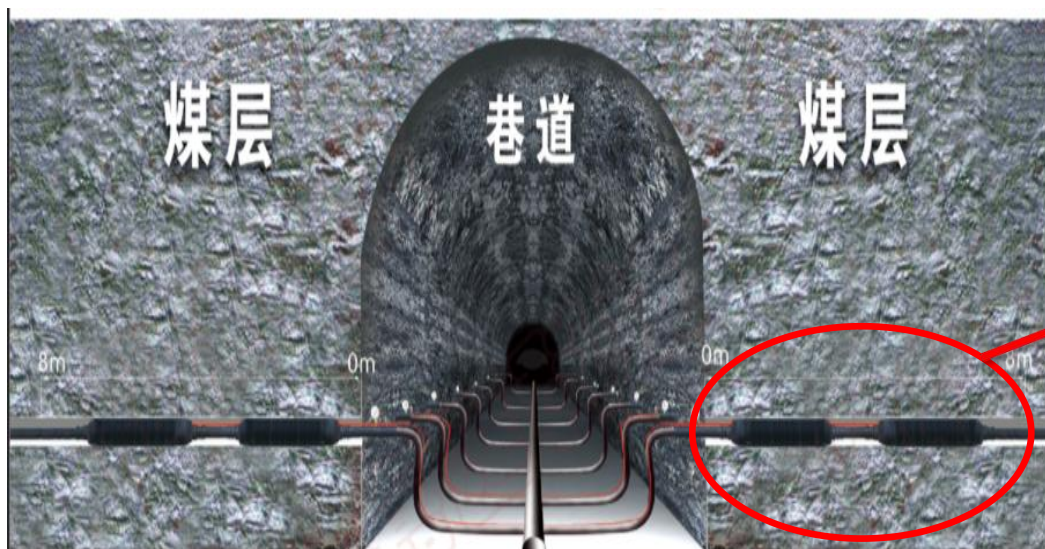


纳米锂铝类水滑石协同增强机理模型

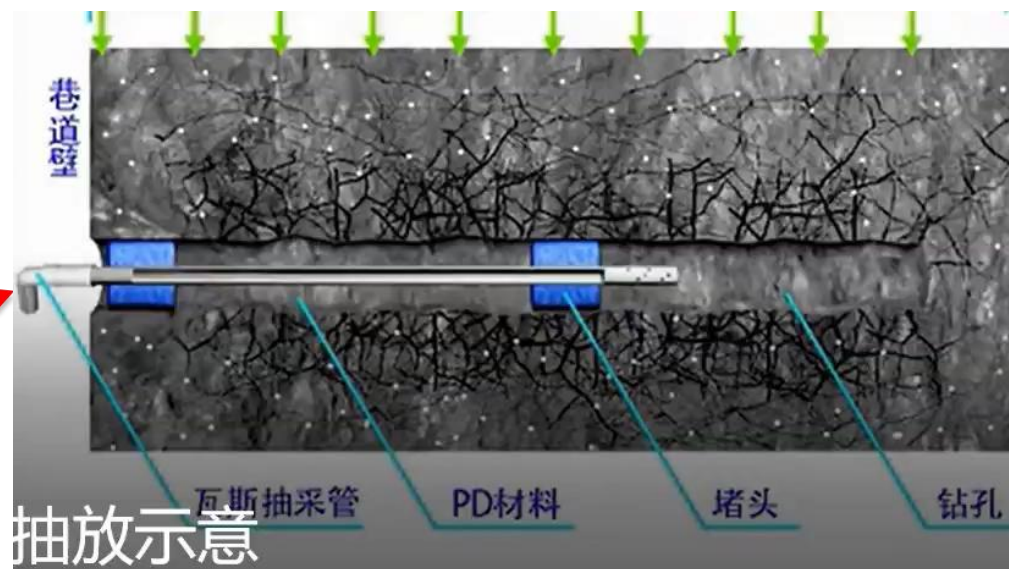


有机改性剂增强界面粘结机理模型

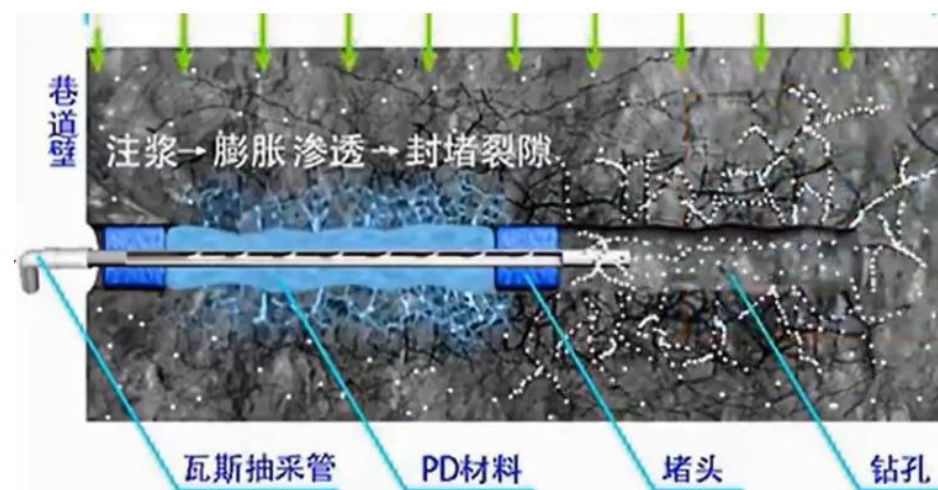
代表性成果一：深地材料-瓦斯抽放封孔材料



煤层瓦斯抽放示意图



抽放封孔动画



漏风通道示意图

➤封孔材料性能要求：

- (1) **高渗透性**；密实充填微细裂隙；
- (2) **高粘结性**；消除界面孔隙；
- (3) **高柔韧性**；受力变形不产生裂纹；
- (4) **微膨胀性**；避免收缩裂隙。

代表性成果一：深地材料-无机薄喷材料

产品特点：

粉状无机矿物材料，无毒，不燃，不助燃、抗静电，挂壁性能强，表面封闭效果好，粘接强度高，变形韧性强。单液泵加压喷涂。系统简单。

主要用途：

- 巷道表面快速喷涂封闭，避免风化；
- 巷道表面喷涂封闭，避免瓦斯抽放漏风；
- 采空区隅角喷涂封闭等。

喷射厚度	2~10mm	凝结时间	2~20min
粘结强度	≥1.0MPa	抗折强度	≥2.0MPa
可燃性	A1级（不燃）	抗压强度	≥10.0MPa



制浆泵送一体机



围岩表面喷涂



表面喷涂效果

代表性成果一：深地材料-无机发泡充填材料

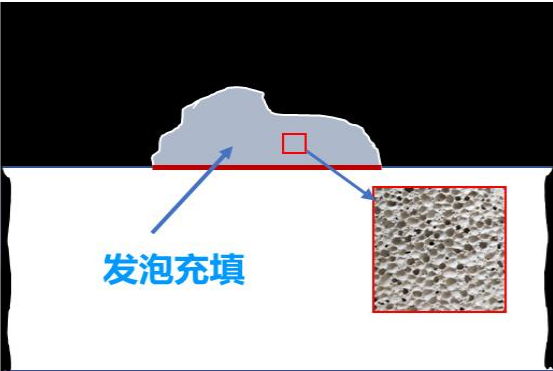
产品特点：

粉状无机矿物材料，无毒、不燃、不助燃、抗静电，发泡倍率大，发泡速度快，凝结时间短，接顶密实，**惰性气体二氧化碳作为发泡介质**，安全性高。双液泵送充填，系统简单。

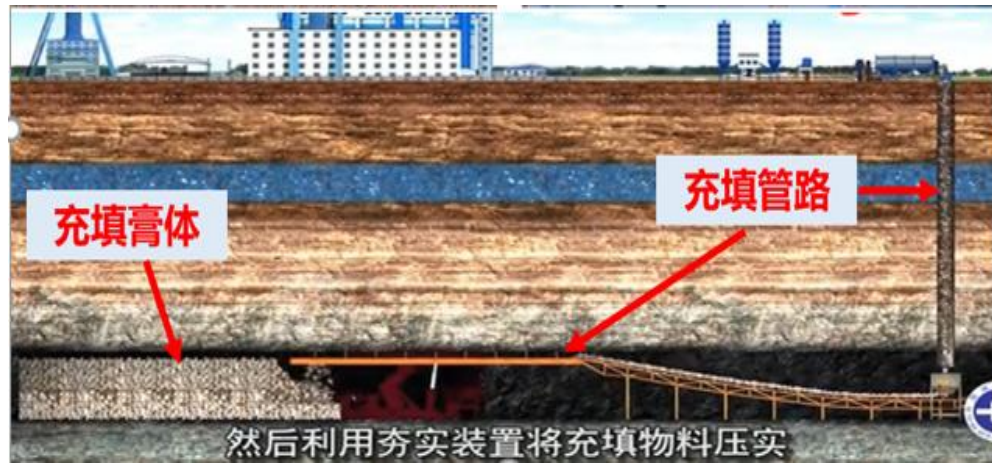
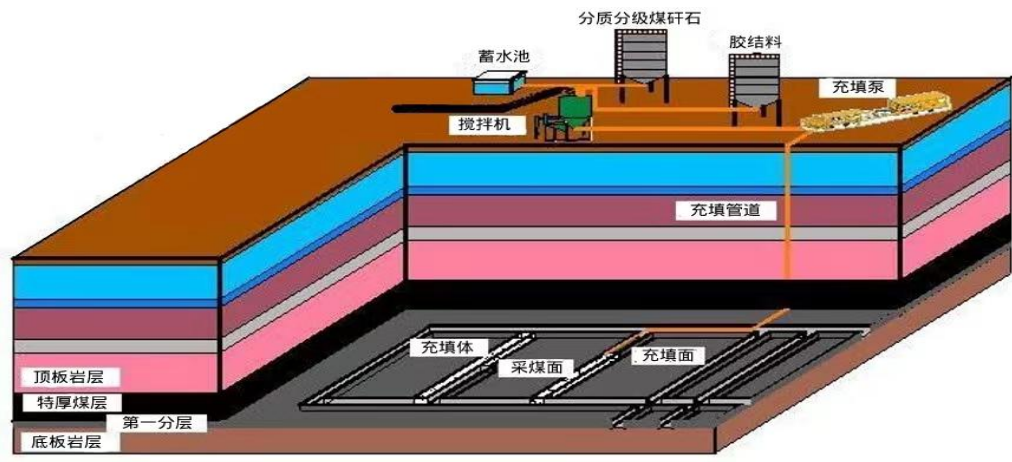
主要用途：

- 巷道顶板高冒区充填；
- 采煤工作面隅角充填；
- 旧巷道封闭充填；
- 采空区防灭火充填；
- 废旧空间充填封闭。

膨胀率	50~400%	发泡起始时间	≤3min
充填体密度	200~600Kg/m³	发泡终止时间	≤10min
可燃性	A1级（不燃）	抗压强度	≥2.0MPa



代表性成果一：深地材料-注浆充填采空区治理材料



水泥	粉煤灰	粗矸石	细矸石	炉渣	外加剂	质量浓度	水
100	350	726	396	198	1.26	85	295



配料



搅拌



卸料



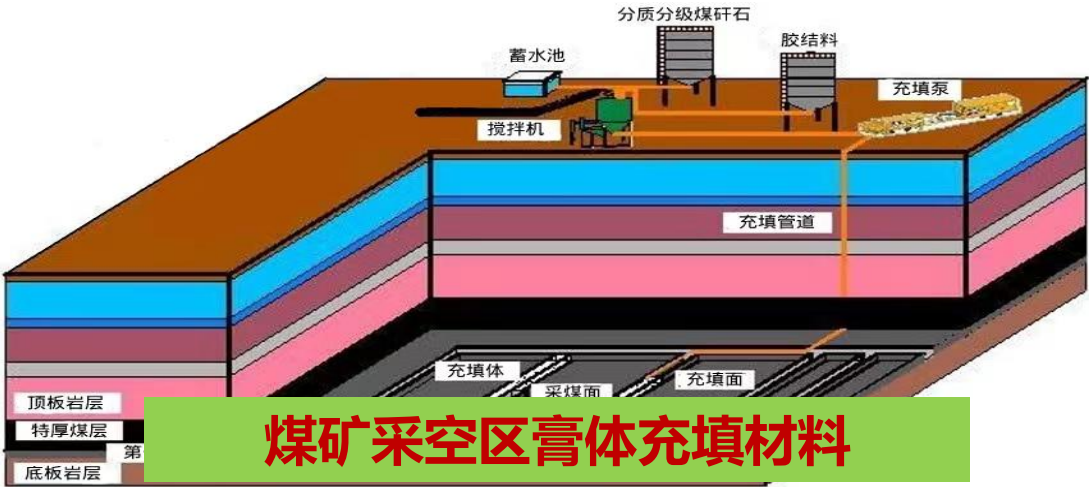
泵送



充填

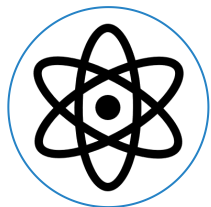
代表性成果一：深地材料-矿用预混无机材料

煤基固废预混料在煤矿上的其他用途

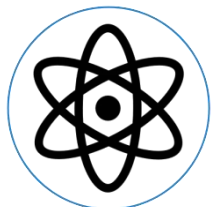


煤矿采空区膏体充填材料

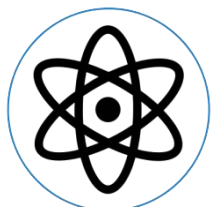
绿色高性能建筑材料团队科研方向



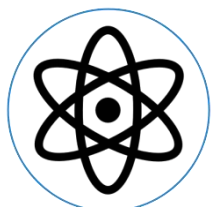
深地材料



工业固废资源化利用



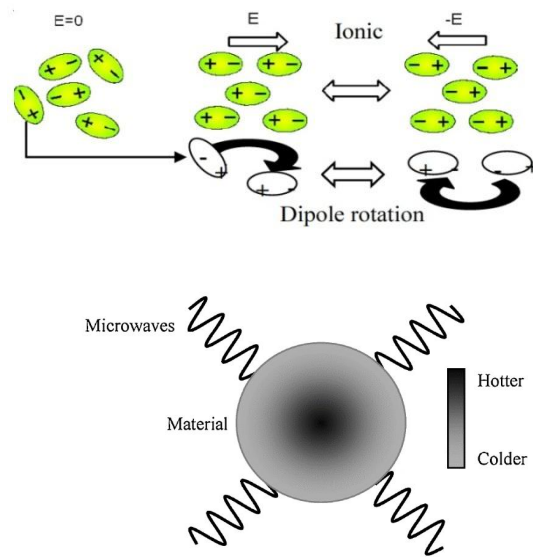
固碳建筑材料



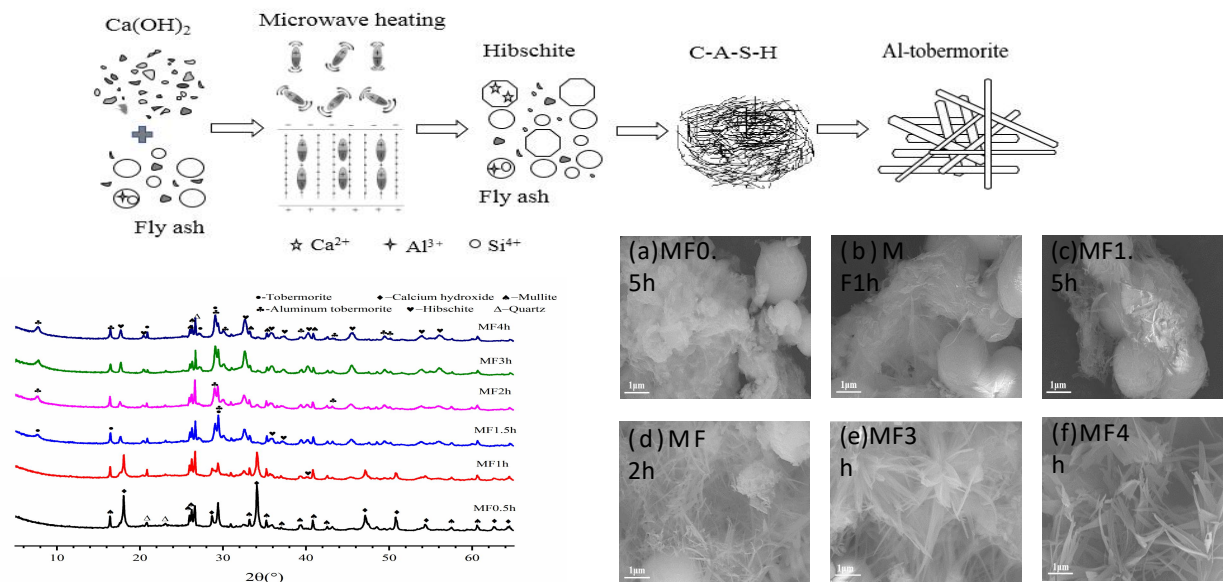
建筑新材料

代表性成果二：工业固废资源化利用-智能微波技术制备固废基低碳建材

- 该研究获得**国家自然科学基金项目**（51808196）和**河南理工大学基本科研业务费专项**（NSFRF220418）**资助**。
- 研究了温度、时间、液固比等因素对托贝莫来石、铝代托贝莫来石、粉煤灰基托贝莫来石和铜代托贝莫来石**晶体结构、微观形貌、热行为、比表面积和孔结构**的影响规律。
- 揭示了**微波效应**对托贝莫来石、铝代托贝莫来石、粉煤灰基托贝莫来石、重金属离子代托贝莫来石结构形成的作用机制，为智能微波技术用于制备**固废基低碳建材**奠定理论基础。
- 成果授权发明专利 **5** 件，发表论文 **12** 篇。



微波加热原理与物质内热分布



微波水热合成粉煤灰托贝莫来石



代表性成果二：工业固废资源化利用-铝矿固废资源化利用

- 针对氧化铝生产企业排放的**拜耳法赤泥、烧结法赤泥、铝土矿尾矿**等固废，开发出高铁海工水泥、固碳烧结法赤泥掺合料、固碳人造骨料、尾矿加气混凝土、尾矿3D打印混凝土等系列产品，实现了铝冶炼固废的“吃干榨净”，没有新的固废、废水、废气产生。形成了金属铝冶炼固废的全组分、低碳、高值化成套技术。
- 该研究获得**国家自然科学基金、河南省科技攻关、河南新尚环保科技有限公司**等项目**资助**。
- 成果发表SCI论文30余篇，授权发明专利10余项，获得河南省科技进步三等奖等奖励3项。



高铁海工水泥



固碳烧结法赤泥掺合料



固碳人造骨料



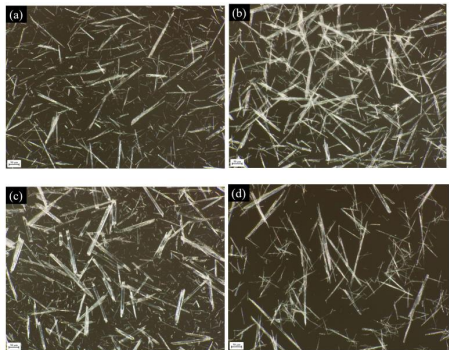
尾矿加气混凝土砖



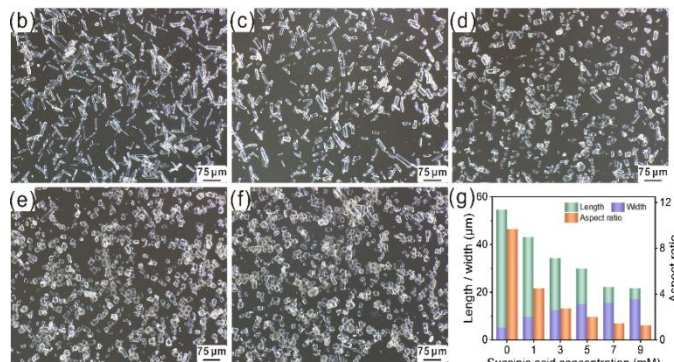
尾矿3D打印混凝土

代表性成果二：工业固废资源化利用-工业废石膏资源化利用

- 探明了废石膏化学和矿物组成规律，揭示了预处理方法、温度、压力、转晶剂种类及产量、激活剂等对是高性能影响规律，形成了工业副产石膏**预处理**技术，开发了废石膏制备建筑石膏、高强石膏、石膏晶须、充填材料、自流平石膏、石膏板材等**关键技术**。
- 该研究获得**国家重点研发项目**和**河南省重大公益专项项目**资助。
- 发表高质量论文12篇，授权发明专利4项。
- 成果示范单位“**河南盖森材料科技有限公司**”每年消纳工业废石膏**20万吨**，正在**多氟多、龙佰集团**推广。



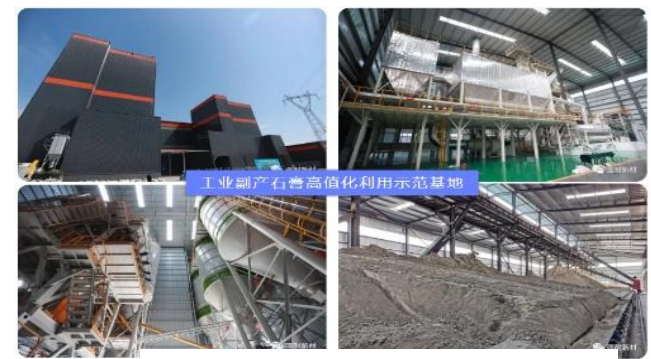
石膏晶须



高强石膏



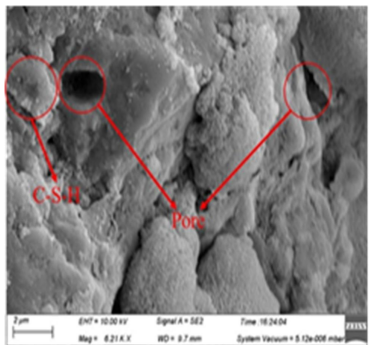
自流平材料现场泵送施工



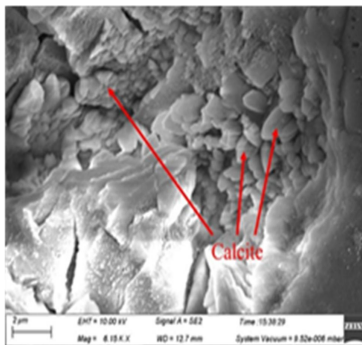
废石膏高值化利用生产线

代表性成果二：工业固废资源化利用-再生骨料强化技术

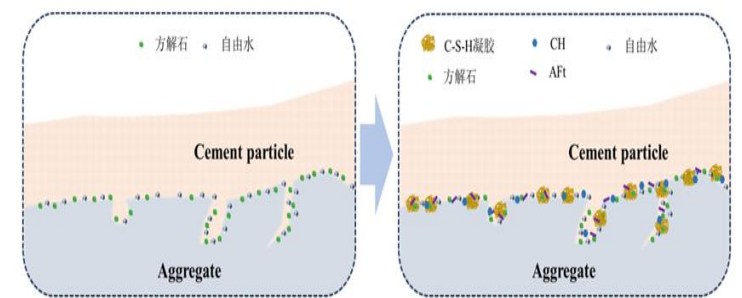
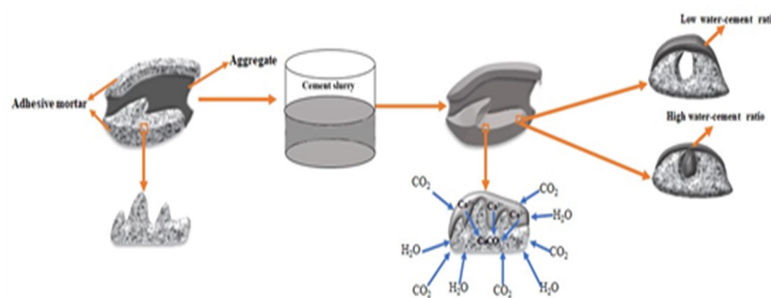
- 采用**碳化、微生物矿化、纳米材料-水泥浆浸渍、干法包裹**等多种增强手段对各类再生骨料进行单一或复合强化，阐明了不同强化技术对再生骨料的增强机理。
- 开发了一种基于微生物矿化沉积的再生骨料强化**新方法**，形成了“碳化-微生物矿化”、“纳米SiO₂-水泥浆浸渍-碳化”、“水泥-再生微粉（粉煤灰、矿渣等）干法包裹”协同强化再生骨料**新技术**，实现了再生骨料性能的提升。
- 该研究获得**河南省科技攻关项目（项目编号：232102320335）**和**河南省自然科学基金项目（项目编号：242300420023）**资助。



强化前后再生骨料微观形貌



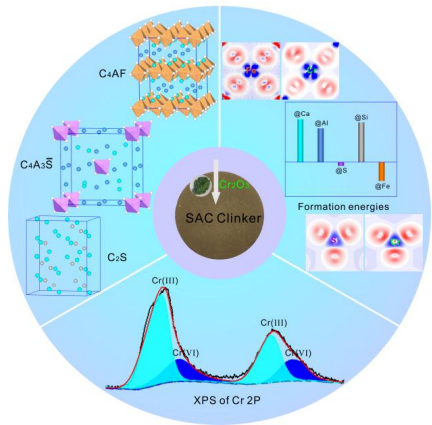
纳米SiO₂-水泥浆浸渍-碳化强化机理模型



干法包裹强化机理模型

代表性成果二：工业固废资源化利用-离子掺杂调控水泥熟料研究

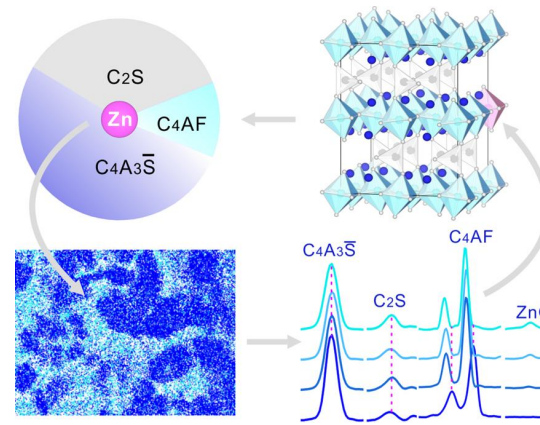
- 采用**第一性原理计算**和**分子动力学与实验**相结合的方法，探明了**掺杂离子**在硅酸盐、硫铝酸盐、固碳水泥熟料矿物中的**固溶倾向**，对水泥熟料**矿物组成**的影响规律，形成了离子掺杂固溶**调控水泥熟料性能理论和技术**，开发了尾矿、生活垃圾焚烧灰、污泥资源化制备熟料**关键技术**。
- 该研究获得**国家重点研发项目**和**中国建材联合会揭榜挂帅项目**资助。
- 成果示范单位“**淄博晨越宝山环保科技有限公司**”，为废弃物资源化利用奠定了基础。



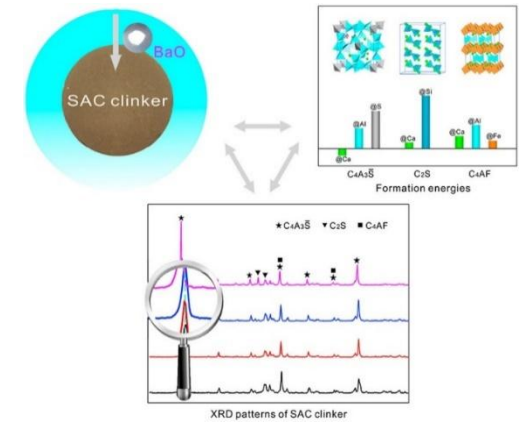
Cr在硫铝酸盐水泥熟料中固溶倾向



Cr在硅酸盐水泥熟料中固溶倾向



Zn在硫铝酸盐水泥熟料中固溶倾向



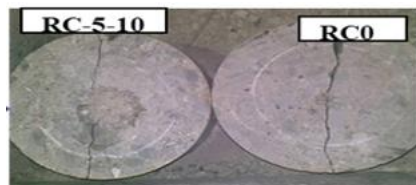
Ba在硫铝酸盐水泥熟料中固溶倾向

代表性成果二：工业固废资源化利用-废旧轮胎弹性混凝土

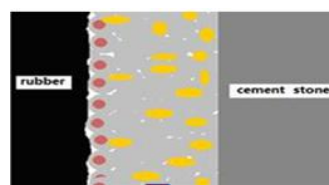
- 阐释了**轮胎集料表面润湿过程**对水泥混凝土界面形成影响新机理，突破了原有“边壁效应”、“收缩效应”局限，利用废旧橡胶受热分解特性，提出了**低温热处理方法**改善橡胶混凝土性能的新方法；开发出了性能良好的废旧橡胶弹性混凝土。
- 该研究获得**国家十一五科技支撑计划**和**河南省科技攻关项目**支持。
- 与**平煤集团香山矿、晋煤集团赵庄矿、河南强耐新材股份有限公司**进行了工业化生产。



废旧橡胶



弹性混凝土



橡胶-水泥石界面过渡区厚度 d_i

$$d_i = \frac{3\sigma_{\theta}}{\Delta P (1 - \cos \theta_1) (2 + \cos \theta_1)}$$

高孔隙率、低水化程度区厚度 d_e

$$\frac{d_e}{d_i} = \left[\frac{(1 - \cos \theta_1)(2 + \cos \theta_1)}{(1 - \cos \theta_2)(2 + \cos \theta_2)} \right]^{\frac{1}{3}} = E$$
$$v_{rv} = v_v(1 - \varepsilon f) = v_v(1 - \varepsilon f')$$



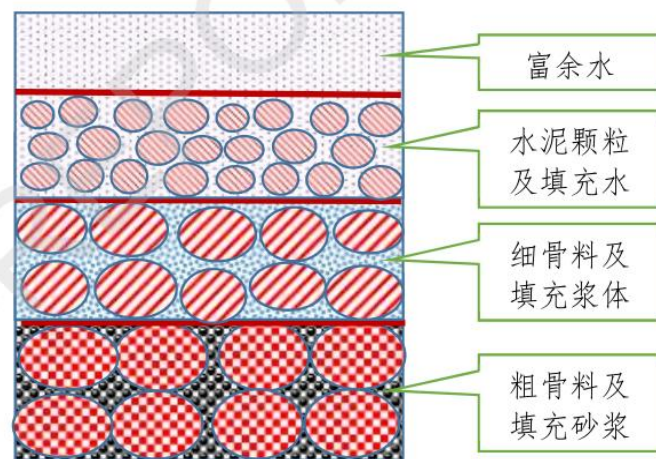
喷射混凝土的应用



弹性球场的应用

代表性成果二：工业固废资源化利用-石粉物理填充效应的定量表征

- 将新拌混凝土看作固体颗粒在水介质的堆积，从而将干颗粒堆积模型扩展为湿颗粒堆积，建立了新拌混凝土颗粒堆积的物理模型和数学模型，实现了石粉在新拌混凝土中物理填充效应的定量表征，一是可以用来确定石粉做掺合料时最佳的取代量，二是可以用来确定机制砂中石粉最佳含量的确定。
- 该研究获得国家自然科学基金项目和河南省自然基金重点项目支持。
- 在焦作千业新材料、中安征信等公司进行了技术推广应用。

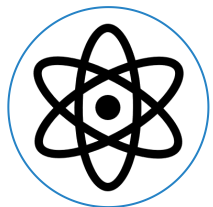


新拌混凝土颗粒堆积的物理模型

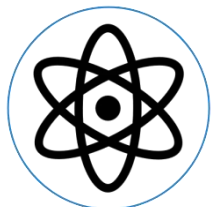
$$\begin{aligned} V_{FW} &= V_{FP} \times (\varepsilon_r - \varepsilon_m) \\ &= \left[V_C + V_{TW} - \frac{V_G \varepsilon_G}{1 - \varepsilon_G} \cdot \frac{V_{TW} + V_C}{V_{TW} + V_C + V_S} \right. \\ &\quad \left. - \left(V_{TW} + V_C + V_S - \frac{V_G \varepsilon_G}{1 - \varepsilon_G} \right) \left(\frac{V_{TW} + V_C}{V_{TW} + V_C + V_S} - \varepsilon_{sm} \right) \right] \times \left(\frac{V_{TW}}{V_C + V_{TW}} - \varepsilon_m \right) \end{aligned}$$

新拌混凝土颗粒堆积的数学模型

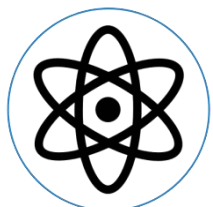
绿色高性能建筑材料团队科研方向



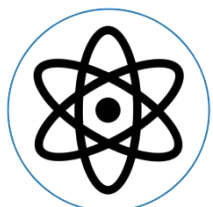
深地材料



工业固废资源化利用



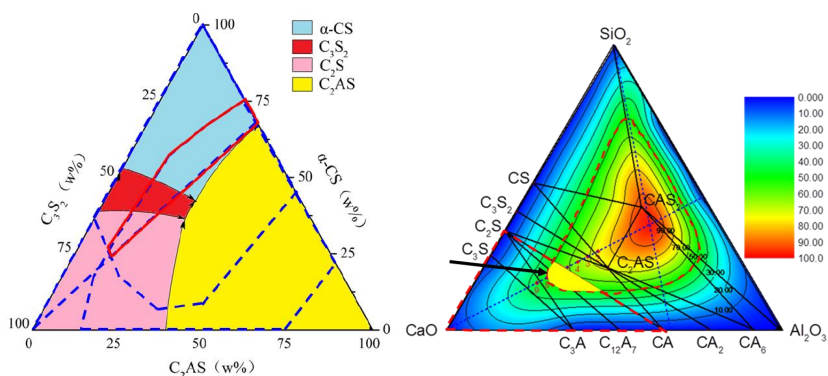
固碳建筑材料



建筑新材料

代表性成果三：固碳建筑材料-低碳建筑新材料

- 开发设计了 C_3S_2 -CS- C_2AS 、 C_2S - $C_{12}A_7$ - C_4AF 、 C_2S - C_3S_2 - C_2AS 等新型低钙矿物胶凝材料，具备**烧成温度低**、可**自粉化**及免破碎、高碳固化能力的特性，明晰了固碳**机理**，建立了新型固碳胶凝材料**低能耗**烧成技术。
- 该研究获得的国家自然科学基金、**河南省科技攻关**、中国建筑科学研究总院有限公司技术**开发项目**支持。
- **成果示范单位：河南强耐新材股份有限公司**



矿物设计与烧成温度



C_3S_2 -CS- C_2AS



C_2S - $C_{12}A_7$ - C_4AF



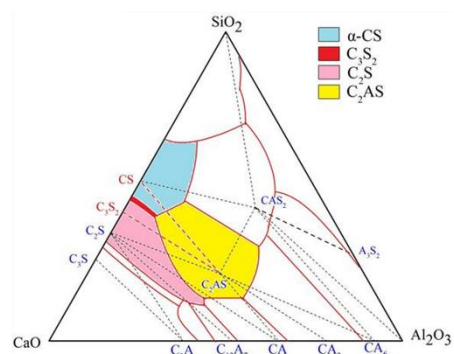
C_2S - C_3S_2 - C_2AS



自粉化

代表性成果三：固碳建筑材料-固碳新型建筑材料

- 明晰了固碳机理，开发新型固碳胶凝材料低能耗生产技术。形成低碳排放固碳生态砖、陶粒生产工艺，建立了利用工业窑炉尾气碳化养护固碳生态砖、陶粒示范生产线。
- 该研究获得国家自然科学基金、河南省“揭榜挂帅”重大科技项目支持、全国建材行业重大科技攻关“揭榜挂帅”项目
- 成果示范单位“河南强耐新材股份有限公司”，固碳量不低于 100kg/m^3 ，为焦作市尽快实现“碳达峰”“碳中和”目标做出了突出贡献。



$\text{C}_2\text{S}-\text{C}_3\text{S}_2-\text{C}_2\text{AS}$ 矿物组成图



镁渣固碳板材



固碳陶粒



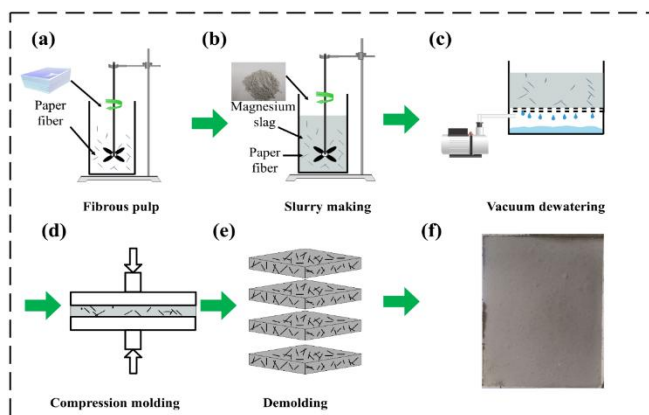
河南理工大学中试回转窑



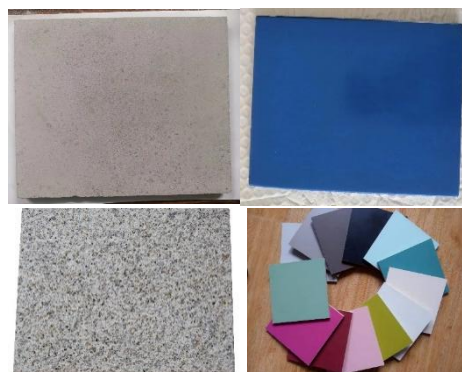
河南理工大学碳化生产线

代表性成果三：固碳建筑材料-镁矿固碳资源化利用

- 针对镁合金生产企业排放的**皮江法镁渣**固废，开发出固碳纤维板材、固碳空心板、固碳生态砖和固碳辅助性胶凝材料等系列产品，明晰了**镁渣固碳机理**，形成了**流浆法制备工艺**、碳化-蒸汽养护工艺，破除了因氧化钙和氧化镁存在造成的**不良安定性**的问题。
- 该研究获得**河南省“揭榜挂帅”重大科技项目**、**河南强耐新材股份有限公司技术开发项目**支持。
- 与**河南强耐新材股份有限公司**进行了工业化生产试验。



流浆法制备工艺



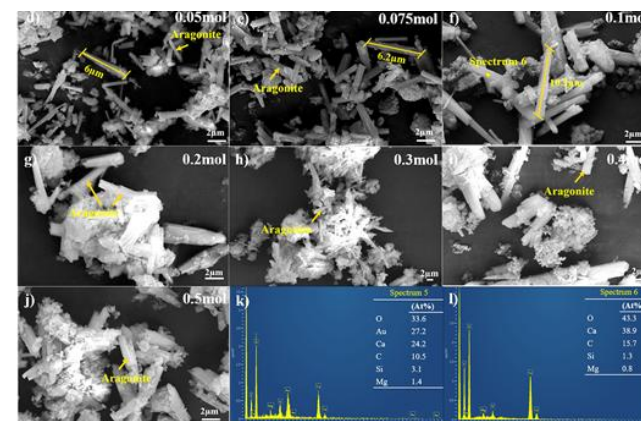
固碳纤维板材



固碳空心板

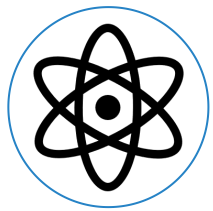


固碳生态砖



固碳辅助性胶凝材料

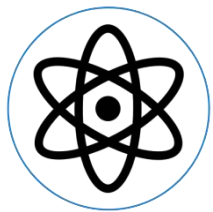
绿色高性能建筑材料团队科研方向



深地材料



工业固废资源化利用



固碳建筑材料



建筑新材料

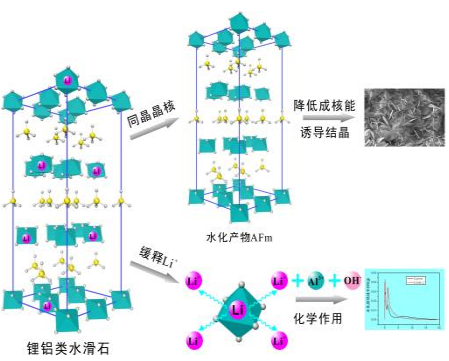
代表性成果四：建筑新材料-固废基3D打印混凝土

- 研发了3D打印固废基（钢渣、煤矸石、再生骨料等）水泥基材料，突破了固废（钢渣、煤矸石、再生骨料等）在水泥基材料中的应用瓶颈，阐明了3D打印水泥基材料流（触）变特性、可打印性能和力学性能的调控机制。研发了3D打印ECC，突破了3D打印ECC的应用极限，提升了3D打印ECC的延展性。掌握了纤维增强3D打印ECC性能增强机理。
- 该研究获得国家**国家自然科学基金**、**河南省科技攻关**、**河南省教育厅**项目支持。
- 与**潜江市互融再生资源科技有限公司**进行了工业化生产。

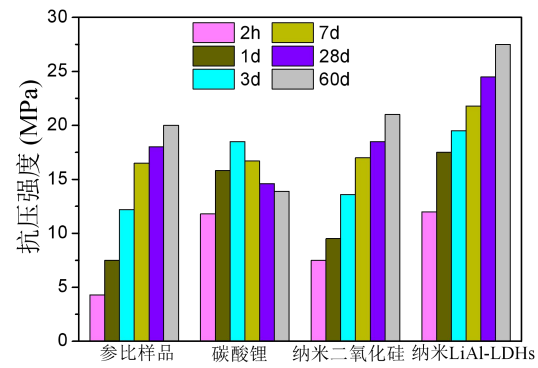


代表性成果四：建筑新材料-纳米改性水泥基材料技术

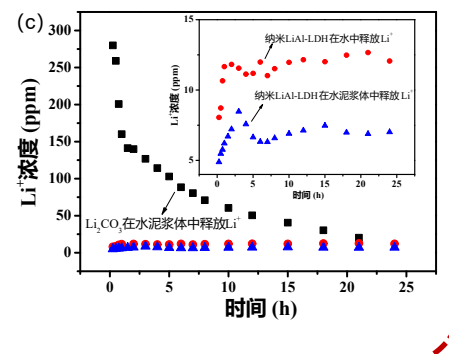
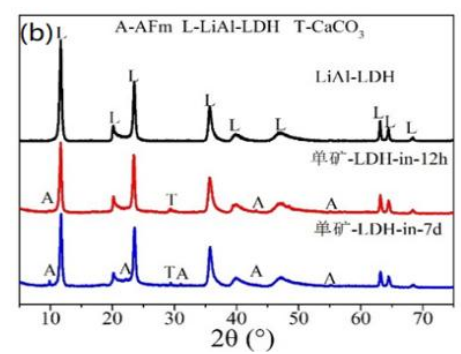
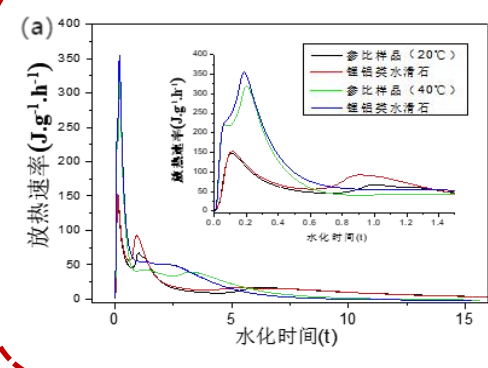
- 提出了**纳米晶核、同晶诱导、离子缓释促溶**多机制协同纳米增强剂设计思路，研发了具有**高效增强作用**的高效纳米增强剂，突破了现有纳米增强剂的**增强极限**，解决了传统锂盐早强剂导致中后期强度倒缩的难题，阐明了纳米增强剂对水泥基材料的**增强机理**。
- 该研究获得国家**国家自然科学基金、国家重点研发项目子课题、河南省自然科学基金和河南省科技攻关项目**支持。
- 与**河南省楷澄新型材料有限公司**进行了工业化生产。



设计思路



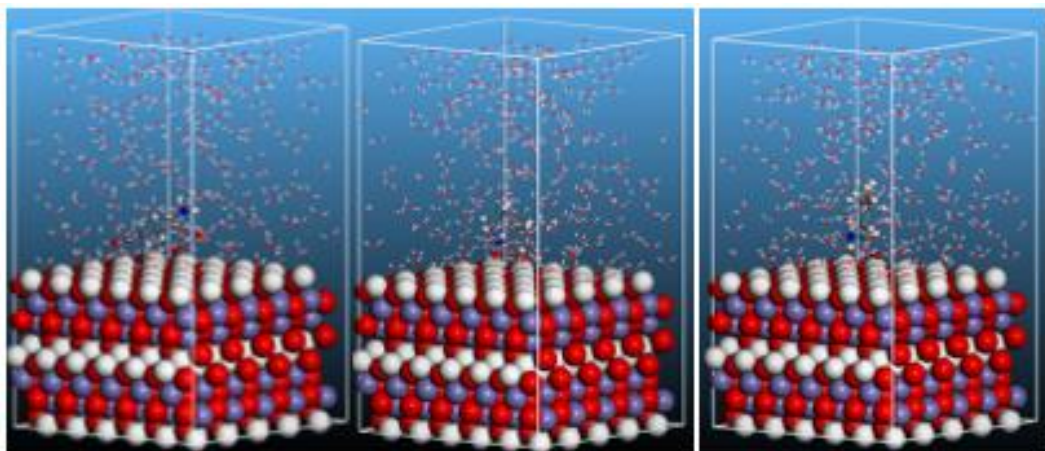
抗压强度



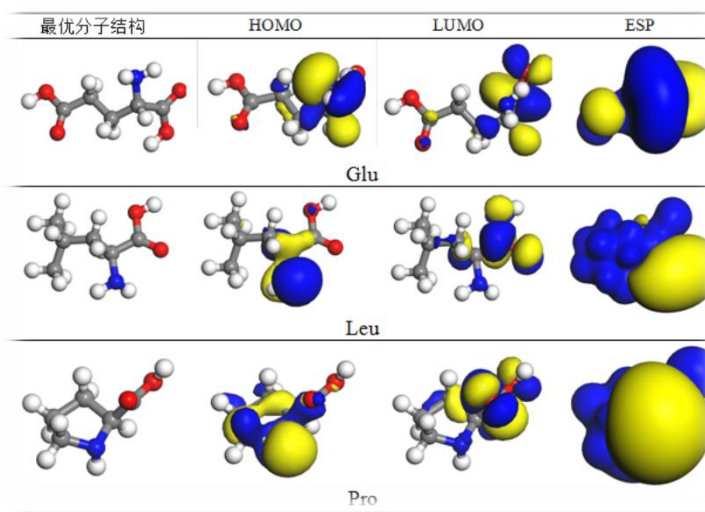
增强作用机理

代表性成果四：建筑新材料-钢筋混凝土新型阻锈材料

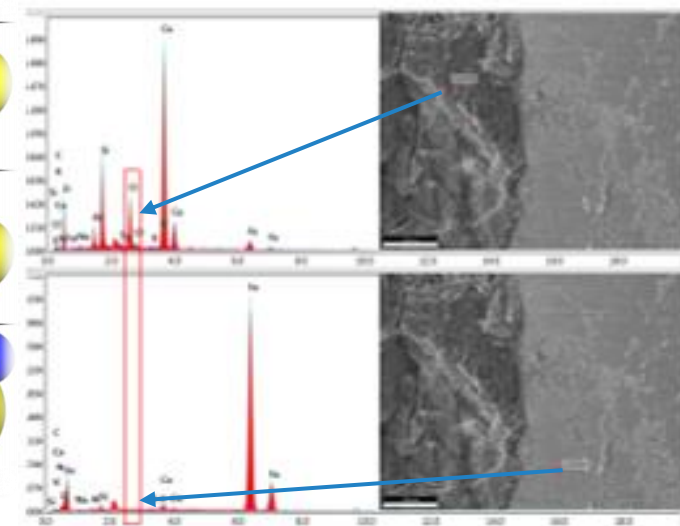
- 针对钢筋混凝土结构中的氯盐锈蚀**问题**，基于在混凝土中钢筋表面与氯离子竞争吸附来阻碍锈蚀的**发想**，以谷物粮食深加工的副产物为原料，提出了天然蛋白阻锈剂的制备方法。
- 基于量子化学计算与分子动力学模拟，**阐释**了阻锈剂分子结构-吸附特性-阻锈性能间的关联机制，**揭示**了阻锈剂抑制氯盐锈蚀的作用机理；探明了天然蛋白复配阻锈设计对水泥混凝土微结构与氯离子渗透性的影响机制，可为实现钢筋混凝土环保高效阻锈的设计与应用提供新方法。
- 该研究获得**国家自然科学基金面上项目**（52178204）的资助。



阻锈剂分子在 α -FeOOH(010) 晶面的分子动力学模拟



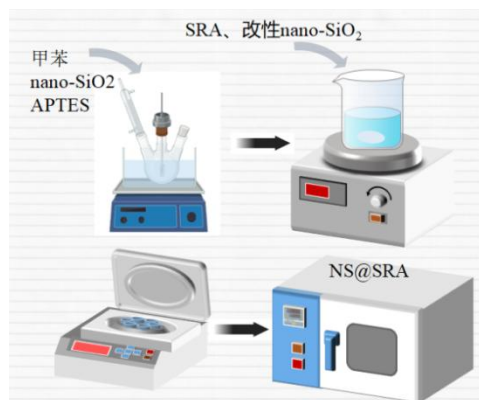
量子化学计算的电子结构特征



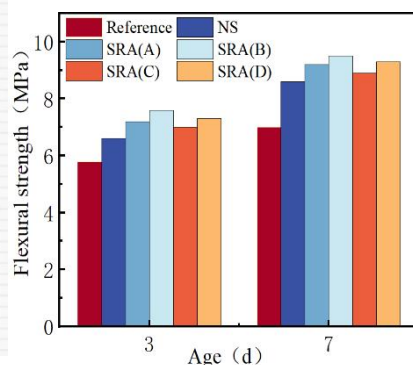
混凝土与钢筋界面处氯离子含量分析

代表性成果四：建筑新材料-低收缩开裂建筑材料

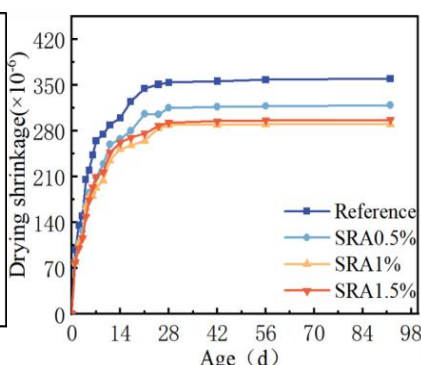
- 制备了不同单体的**减缩剂**，明确了减缩剂对水泥基材料水化特性与微观结构的影响规律；阐明了减缩剂在水泥基材料中的收缩抑制**作用机理**。
- ◆ 探明**微生物矿化**性能演化规律，揭示微生物矿化沉积对浆体增强修复的作用机理，实现基础设施从“**精准预防+原位修复**”协同**增强延寿**的目标。
- 该研究获得**国家自然科学基金**（51908198）和**河南省面上基金**（232300421205）项目资助。
- 成果发表论文**15篇**，授权发明专利**2件**。



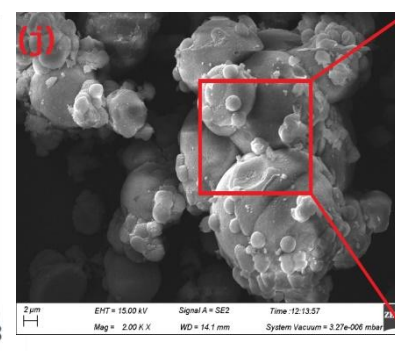
酯化、聚合合成减缩剂



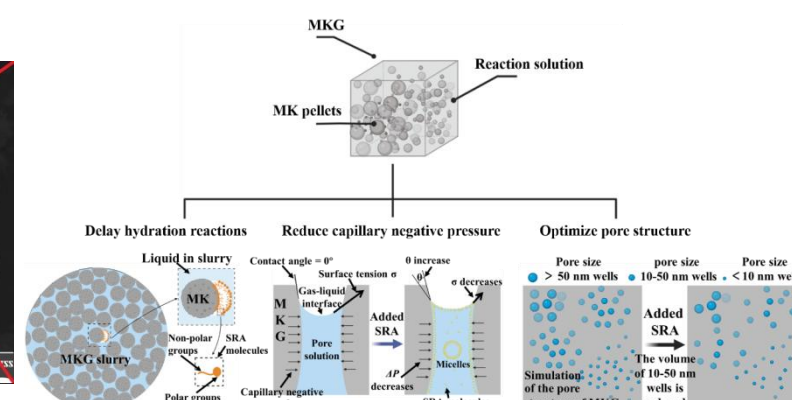
力学性能



收缩抑制



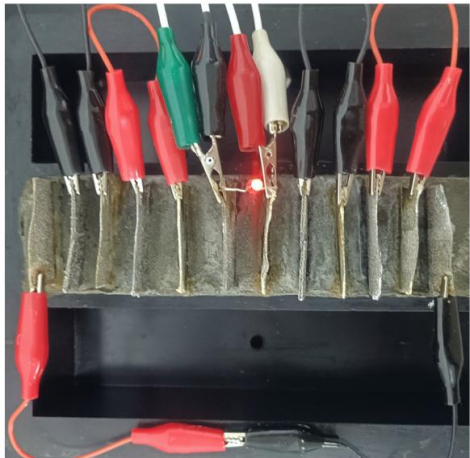
微生物矿化增强



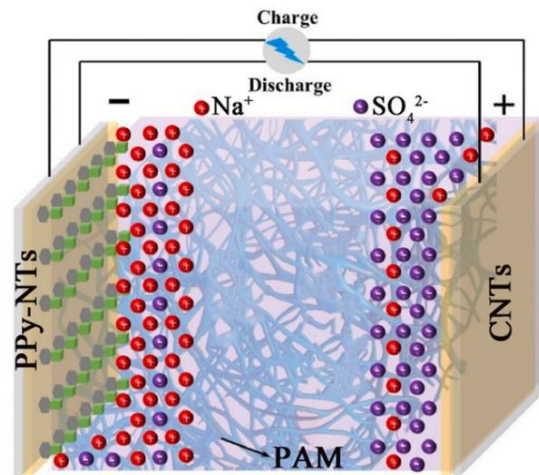
减缩作用机理

代表性成果四：建筑新材料—建筑材料在结构储能中的应用

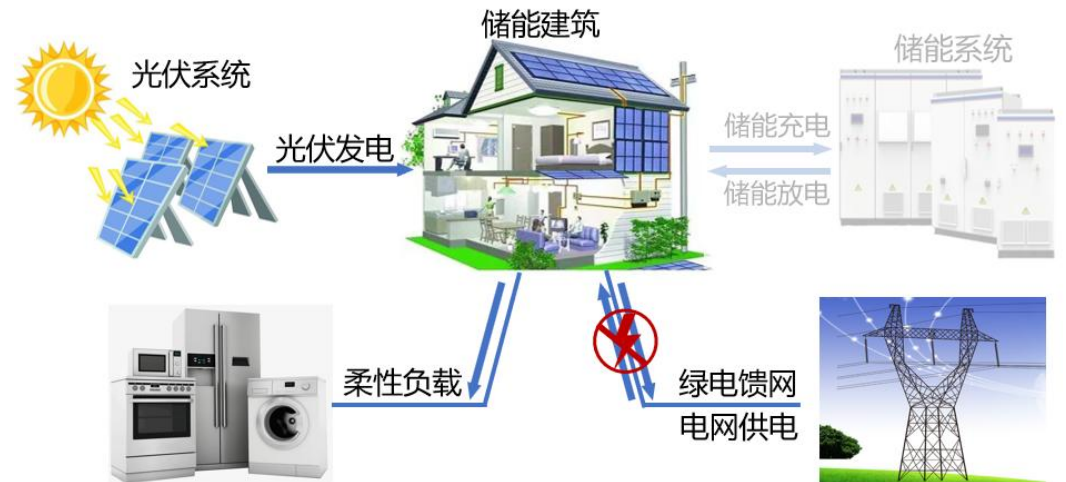
- 基于建筑材料的结构超级电容器具有**大体积**、**高孔隙率**和**安全**等特点，使其具有**大规模电化学储能**的潜力。开发聚丙烯酰胺-普通硅酸盐水泥-硫酸钠电解质和双碳电极，组装水泥基结构储能器件，兼具**结构**和**储能**功能，将**建筑储电**变为现实。
- 成果示范单位“**信阳市灵石科技有限公司**”，电极能量密度不低于 1.2Wh kg^{-1} ，结合光伏发电和负载用电，实现发电-储电-用电一体式设计。



实验模型——水泥基储能器件点亮led灯



储能器件的充放电原理



储能建筑的应用



河南理工大学

HENAN POLYTECHNIC UNIVERSITY

敬请各位领导和专家指导



河南理工大学

材料科学与工程学院

