



西安科技大学

XI'AN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

# 固体废弃物及其资源化教学案例库

申报人： 张蕾

单 位： 西安科技大学

# 目 录

- ✓ 案例库基本情况
- ✓ 案例库基本依据
- ✓ 案例库建设方案
- ✓ 案例库经费预算
- ✓ 案例库进度安排

# PART 1

- ✓ **案例库基本情况**
- ✓ 案例库基本依据
- ✓ 案例库建设方案
- ✓ 案例库经费预算
- ✓ 案例库进度安排

# 1 案例库基本情况

## 1.1 项目负责人



张蕾

副教授

张蕾，副教授，西安科技大学地质与环境学院

- 2017年入选陕西省特支计划“青年拔尖人才”
- 2019年荣获陕西省“三秦学者”创新团队核心成员

### 研究方向

- 固废资源化处置、煤炭清洁高效利用

### 科研成果

- 共发表学术论文**100余篇**；其中SCI/EI收录论文**80余篇**；
- 出版专著3部，授权发明**专利9项**；
- 承担国家级、省级及企业项目**20余项**，获得中国循环经济协会技术奖**1项**，陕西省高等学校科学技术奖**2项**。



### 社会兼职

陕西省环境应急专家、山西省煤炭学会千人智库技能专家、高新区生态环境咨询专家、中国煤炭学会第一届煤粉锅炉专业委员会委员等。

# 1 案例库基本情况

## 1.1 项目负责人

### 主讲课程及教学成果

- ◆ 固废处理与资源化利用理论与技术 (学位课)
- ◆ 环境科学与工程科学前沿 (专业课)
- ◆ 固体废物处理与处置 (专业课)
- ◆ 煤岩学及煤化学 (专业基础课)
- ◆ 环境保护与职业健康概论
- ◆ 固废资源化利用
- ◆ 环境保护概论
- ◆ 优秀教材 (二等奖)
- ◆ 课堂教学质量 (二等奖)
- ◆ 校级优秀教材 (二等奖)
- ◆ 本科教学案例库 (重点)
- ◆ 教学创新大赛 (二等奖)

### 教学称号

- ◆ “西安科技大学优秀研究生指导教师” 称号，2020年；
- ◆ 第三届研究生能源装备创新设计大赛，优秀指导教师，2020年；
- ◆ 第六届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛西安科技大学选拔赛，优秀创新创业导师，2020年；

# 1 案例库基本情况

## 1.1 项目主要参与人员



田华

副教授

田华，副教授，西安科技大学地质与环境学院

### 研究方向

- 固废基材料在水资源利用中的应用
- 地下水利用与生态环境保护

### 科研成果

- 共发表学术论文**20余篇**
- 主持参与项目**5项**

### 教学成果

- 主讲《环境工程专业外语》、《给排水工程》、《环境地质学》、《普通水文地质学》、《水资源利用与保护》等专业课程
- 参与教改项目3项

# PART 2

- ✓ 案例库基本情况
- ✓ **案例库基本依据**
- ✓ 案例库建设方案
- ✓ 案例库经费预算
- ✓ 案例库进度安排

## 2 案例库基本依据

### 2.1 建设意义

- ✓ 有利于实现教学资源的共享，教师可根据自身教学的需要从案例库中选择相应的案例用于课堂教学过程；
- ✓ 作为引导式、讨论式、案例式等教学方法的支持系统，有助于提升教学质量；
- ✓ 推动互动式、启发式、研究型教学方法，进一步提高环境工程专业学生实践能力培养的有效性，提高教育教学和人才培养质量；
- ✓ 有力推动环境专业本科生的课程建设和学生工作。



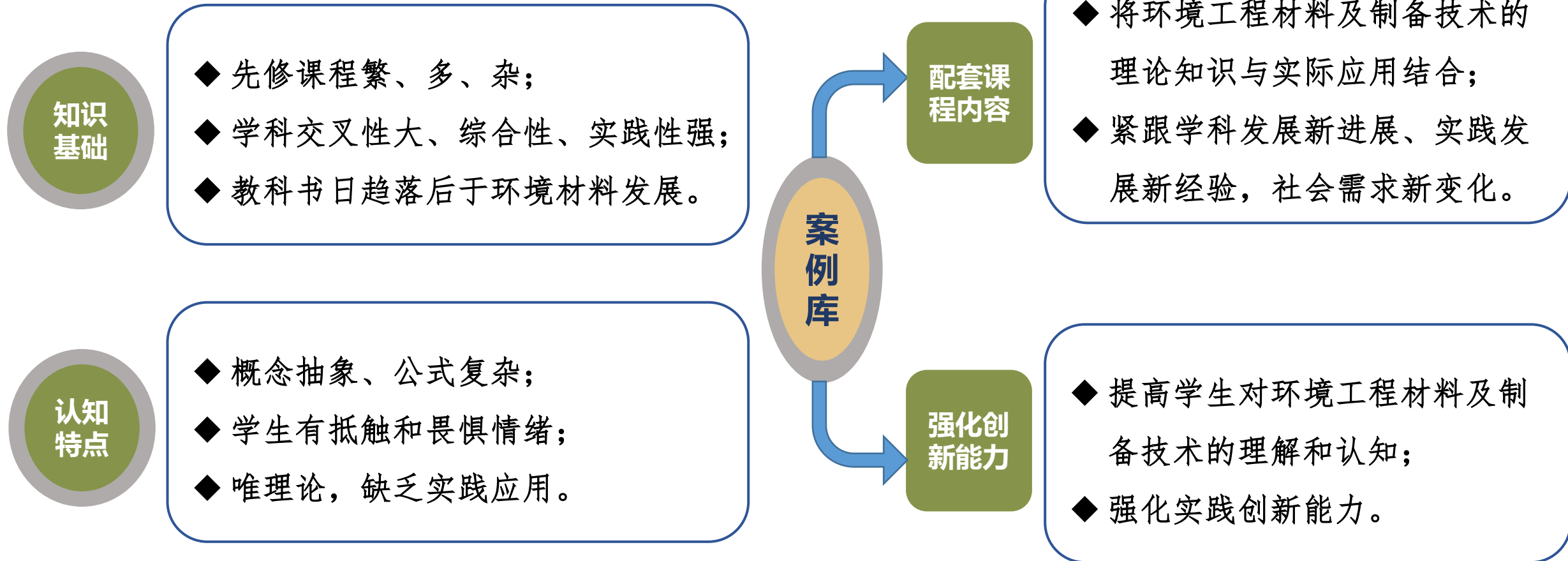
# 2 案例库基本依据

## 2.2 研究现状

- **中国石油大学**针对《水处理工程》课程内容特点，以图片、视频等多媒体课件为辅助工具，构建包括炼油废水处理案例分析、吸附材料在水处理中应用案例分析等多方面教学案例库。紧密结合理论与实践，提高学生发现、分析并解决问题的能力。另外，确保案例教学研究方向的引领，不断补充和更新案例库内容，与时俱进；采用双循环模式评价并改进案例教学效果，持续完善案例的内容，提高案例教学实用性与专业性。
- **山东理工大学**材料科学与工程学院《环境工程材料及制备技术》课程组针对目前环境工程材料领域教学案例库存在的问题，结合课程结构、科技前沿、生产实际等，开展实践教学，已完成6项教学案例库的建设。主要讲解了材料选择、材料性能、材料分类、材料制备工艺、材料性能表征、材料应用现状、材料发展前景等内容。
- **济南大学**研究生课程《岩土工程数值计算》，对本科生教学案例库的建设背景及建设过程进行了总结。根据岩土工程领域常用数值分析基本原理及相关的应用软件，重点学习了理正岩土、Flac3D和MIDAS/GTS的理论和应用。建立了10个典型的岩土工程教学案例库。

# 2 案例库基本依据

## 2.3 实用价值



反应学科前沿， 渗透专业思想、 注重实践创新、 培养应用人才

## 2 案例库基本依据

### 2.4 现有基础

申请人近年来针对**粉煤灰、制油污泥、高炉矿渣**等固废做了大量的研究工作，旨在将固体废物转化为功能材料做进一步推进，**主持相关项目20余项，发表论文80余篇，授权专利20余项**。主持完成的项目“等离子体改性粉煤灰催化剂在烟气脱硝中的应用”被中国循环经济协会鉴定为“**国际先进**”并评为**科学技术三等奖（省部级）**，制备的催化剂已经在实验室进行扩试和现场中试，取得良好效果，并在秦创原创新平台的支持下以专利转化的形式成立了公司。

#### 发表论文

指导本科生发表高被引论文**2**篇，热点论文**1**篇；  
高质量论文**20**余篇，其中SCI/EI **5**余篇。

#### 授权专利

本科生申请专利并获得授权实用新型专利**3**项。

#### 创新创业

指导本科生完成国家级大学生创新创业优秀结题项目**4**项，校级“互联网+”一等奖**1**项。

#### 参与项目

带领本科生参与相关项目**6**项。

教 科 教  
研 研 学  
深 反 促  
度 哺 进  
融 教 科  
合 学 研

# 2 案例库基本依据

## 2.4 现有基础

### 学生竞赛:

- 等离子体改性固废基催化剂在烟气脱硝中的应用, 第六届中国国际“互联网+”大学生创业大赛西安科技大学选拔赛高教主赛道一等奖, 校级, 2020.10, 西安科技大学。
- 表面活性剂在燃煤电厂超低排放应用中的研究, 大学生创新创业训练计划项目, 国家级, 2019.5, 西安科技大学。
- 等离子体改性热解焦催化剂在SCO工艺中的应用, 201710704043, 大学生创新创业训练计划项目, 国家级, 2018.6, 西安科技大学。
- 等离子体改性粉煤灰型催化剂的制备及其脱硝机理的研究, 201610704036, 大学生创新创业训练计划项目, 国家级, 2017.6, 西安科技大学。
- 等离子体与催化剂协同催化脱硝机理研究, 1301, 大学生创新创业训练计划项目, 省级, 2016.6, 西安科技大学。

### 授权专利:

- 张蕾, 相余良, 沙响玲. 一种循环喷淋式湿法氧化脱硝设备[P]. 专利号: ZL201520338705.4 公告号: CN204684933U, 2015-10-07.
- 张蕾, 相余良, 沙响玲, 王瑞, 张念. 一种带催化剂的等离子体脱硝装置[P]. 专利号: ZL201420649220.2
- 张蕾, 胡伟强. 湿式催化氧化脱硫脱硝装置[P]. 专利号: ZL201420055549.6 公告号: CN203803374U, 2014-09-03



# 2 案例库基本依据

## 2.4 现有基础

### 优秀本科生：

- 2022届本科优秀毕业论文：宋瑞康
- 2021届本科优秀毕业生：邹卓睿
- 2020届本科优秀毕业生：卢希，杜淑盼；本科优秀毕业论文：张新瑞

### 参与项目：

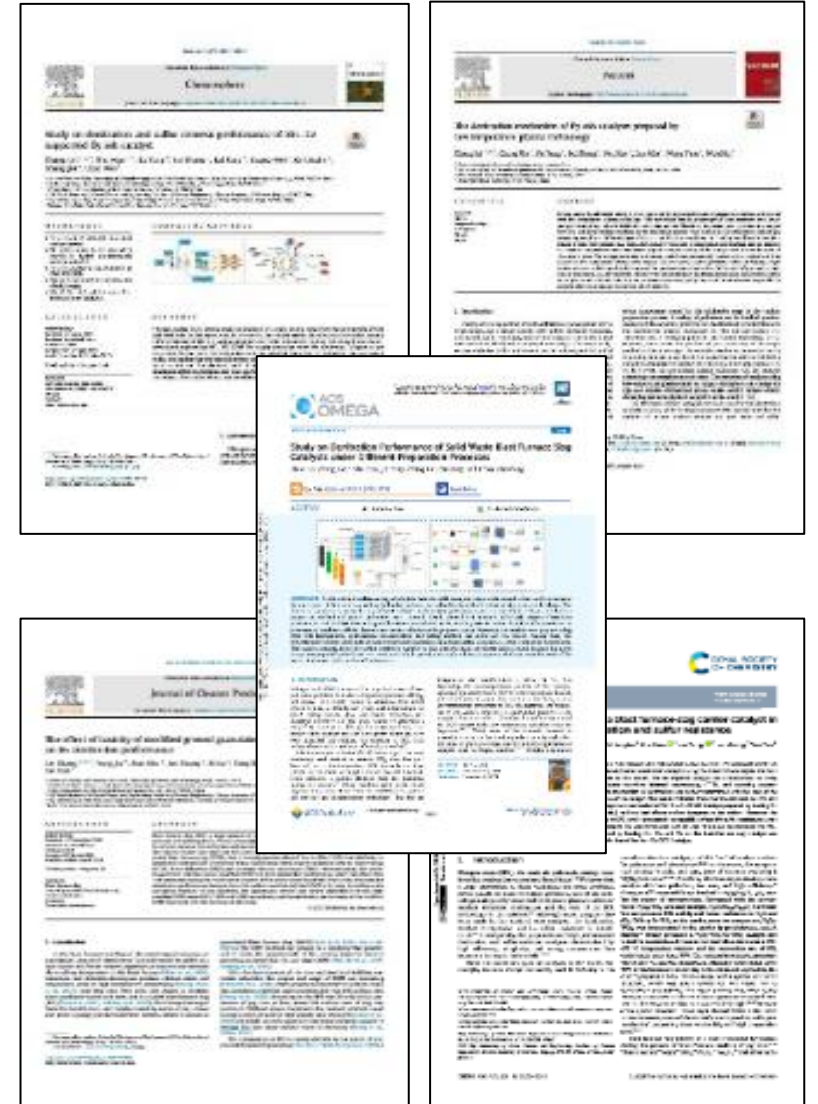
- 2017年陕西省青少年环境保护资助项目，粉煤灰催化剂制备及其燃煤烟气脱硫脱硝性能调查研究项目，参与本科生：张晓倩。
- 西安市科技计划项目，粉煤灰催化剂一体化脱除烟气中SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、Hg<sup>0</sup>污染物的研究，参与本科生：杜淑盼。
- 西安热工研究院有限公司校企联合项目，伊敏褐煤半焦制备及稳定性测试实验，参与本科生：吕宝鹏，田野。
- 中国重型机械研究所有限公司校企联合项目，烟气脉冲等离子体联合催化脱硝装置，参与本科生：王龙伟，王亚龙。
- 中国重型机械研究所有限公司校企联合项目，低温等离子体氧化NO<sub>x</sub>装置研究，参与本科生：杨淡，王禹苏。
- 国土资源部煤炭勘查与综合利用重点实验合作项目，等离子体改性粉煤灰脱硫脱硝性能研究，参与本科生：王禹苏。

# 2 案例库基本依据

## 2.4 现有基础

### 相关论文:

1. Zhang Lei, Jia Yang, Shu Hao, Zhang Lei, Lu Xi, Bai Fang, **Zhao Qianyu**, Tian De. The effect of basicity of modified ground granulated blast furnace slag on its denitration performance[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 305, 126800.
2. Zhang Lei, Chen Jihao, Lei Zhang, Sha Xiangling, Li Yonghui, and **Fan Min**. Preparing Mn-CoO-Supported pyrolysis coke catalyst with plasma and its application in the SCO denitration process[J]. Polish Journal of Environmental Studies, 2019, 28(5), 1-9.
3. Zhang Lei, Jia Yang, Zhang Lei, **Zeng Tianyou**, Wen Xin and Kong Tingting. Preparation of new surfactant and study on its application in ultra-low emission of fuel gas[J]. Nature Environment and Pollution Technology, 2019, 18(3):1029-1033.
4. Zhang Lei, Wen Xin, Ma Zhenhua, Zhang Lei, Sha Xiangling, He Huibin, **Zeng Tianyou**, Wang Yusu and Chen Jihao. Study on the NO removal efficiency of the lignite pyrolysis coke catalyst by selective catalytic oxidation method[J]. Plos One, 2017, 12(8).
5. Zhang Lei, Zhang Lei, Sha Xiangling, Zhang Xu, Zhang Lixin, **Hu Weiqiang**, **Wang Rui** and **Liu Xi**. Influences of egg white-egg yolk  $MnO_2-NiO_2/\gamma-Al_2O_3$  catalytic activity on the desulfurization performance[J]. Science and Engineering of Composite Materials, 2017, 24(6): 799-805.
6. Zhang Lei, He Huibin, Zhang Lei, Sha Xiangling, Ma Zhenhua, Shu Hao and **Tian Ye**. The catalytic cracking mechanism of lignite pyrolysis char on tar[J]. Journal of Chemistry of Social Pakistan, 2017, 39 (02): 234-239.
7. 张蕾,何会彬,张磊,沙响玲,马振华, **杨燕**.湿法串联氧化脱硝机理研究[J].工业安全与环保,2017,43(07):92-94+106.



# 2 案例库基本依据

## 2.4 现有基础

### 相关论文:

8. Zhang Lei, Zhang Lei, Hua Ai, Zhang Lixin, Zhang Peng, **Chen Rong** and Sun Yuxia. the preparation of composite carrier by using diatomite and activated carbon for desulfurization in flue gas[J]. Optoelectronics and Advanced Materials-Rapid Communications, 2016, 10(3-4): 273-278.
9. Zhang Lei, Sha Xiangling, Zhang Lei, He Huibin, Ma Zhenhua, Wang Longwei, **Wang Yuxin** and **She Lixia**. synergistic catalytic removal NO<sub>x</sub> and the mechanism of plasma and hydrocarbon gas[J]. AIP Advances, 2016, 6(7):0750152-0750159.
10. Zhang Lei, Sha Xiangling, Zhang Lei, Ma Zhenhua, He Huibin and **Liu Xi**. Study on the application of CuO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coradierite ceramic honeycomb catalyst in cleaning the flue gas for NO<sub>x</sub>[J]. Nature Environment and Pollution Technology, 2016, 15(3):1071-1075.
11. 张蕾,沙响玲,张磊,舒浩,**王瑞,汪佳佳**.等离子体制备钙钛矿型催化剂对烟气脱硝的性能影响[J].材料热处理学报,2016,37(10):35-41.
12. 张蕾,**刘茜**,张磊.改性热解焦负载型催化剂脱硫性能的研究[J].煤炭技术2016,35(11):305-308.
13. Zhang Lei, **Li Chen** and **Dong Weiheng**, effects of modified pyrolysis tar on gas desulphurization performance[J]. Iranian Journal of Chemistry&Chemical Engineering-international English Edition, 2015, 34(1): 49-56.
14. 张蕾,**胡伟强**,张磊,舒新前,**赵攀**.双金属负载型催化剂对煤泥水热解制备氢气的影响[J].太阳能学报,2015,36(03):677-683.
15. 张蕾,张念,沙响玲,**刘茜,吕宝鹏,王龙伟**.硝酸改性-活化对褐煤热解焦脱硫性能的影响[J].煤炭科学技术,2015,43(04):137-140+5.
16. 王禹苏,张蕾,张磊,强明明,**孙毓霞,惠向南**.CuO-碱金属负载型催化剂对烟气脱硫性能的影响[J].工业安全与环保,2015,41(08):100-102.
17. 张蕾,沙响玲,张念,**田野,王龙伟,杨燕,吕宝鹏**.导电防腐蚀涂料性能及其影响因素[J].腐蚀与防护,2015,36(10):978-981.
18. Zhang Lei, Sha Xiangling, Zhang Lei, **Wang Rui**, Zhang Lixin and Shu Xinqian, influences of different preparation conditions on catalytic activity of Ag<sub>2</sub>O-Co<sub>4</sub>O<sub>3</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for hydrogenation of coal pyrolysis[J]. Journal of Spectroscopy, 2014, 2014: 1-6.
19. Zhang Lei, Shu Xinqian, Zhang Lei and **Chen Rong**. influences of different preparation conditions on catalytic activity of Ag/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> for hydrogenation of coal slime pyrolysis[J]. Journal of the Chemical Society of Pakistan, 2014, 36 (2): 282-290.
20. 张蕾,张磊,赵璐,**杨艳,陈荣,张洁**.烟气组分对活性炭脱硫性能的影响[J].安全与环境学报,2014,14(03):271-274.
21. 张蕾,张磊,金大瑞,**董玮恒,李晨,郭颂,梁可学**.金属负载型催化剂对烟气脱硫性能的影响[J].环境污染与防治,2013,35(05):68-71.

# PART 3

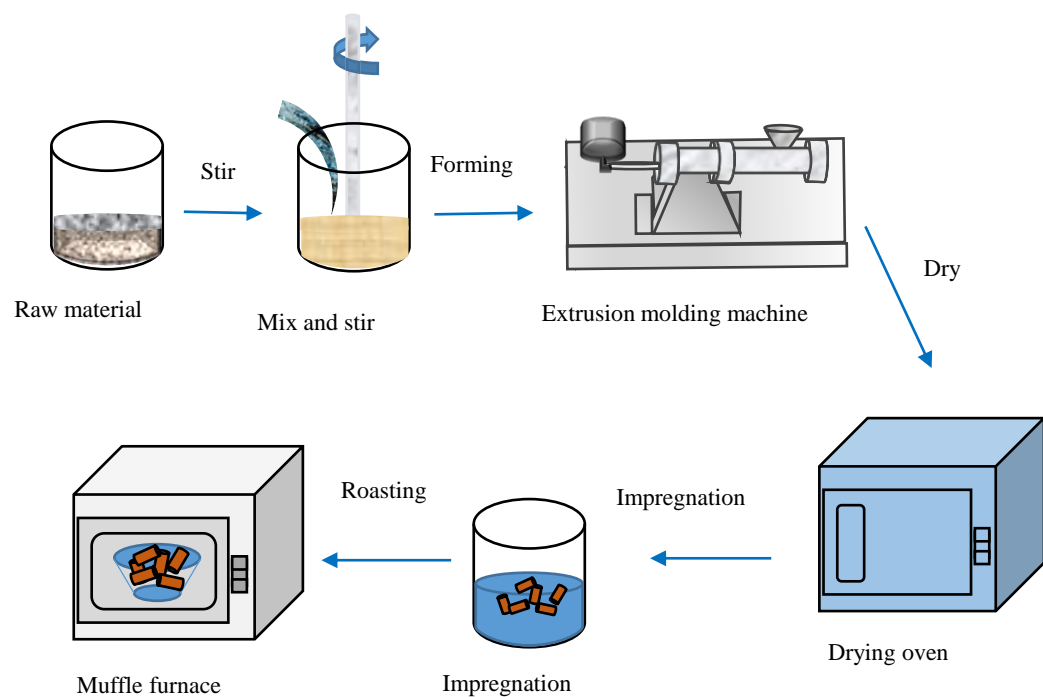
- ✓ 案例库基本情况
- ✓ 案例库基本依据
- ✓ **案例库建设方案**
- ✓ 案例库经费预算
- ✓ 案例库进度安排



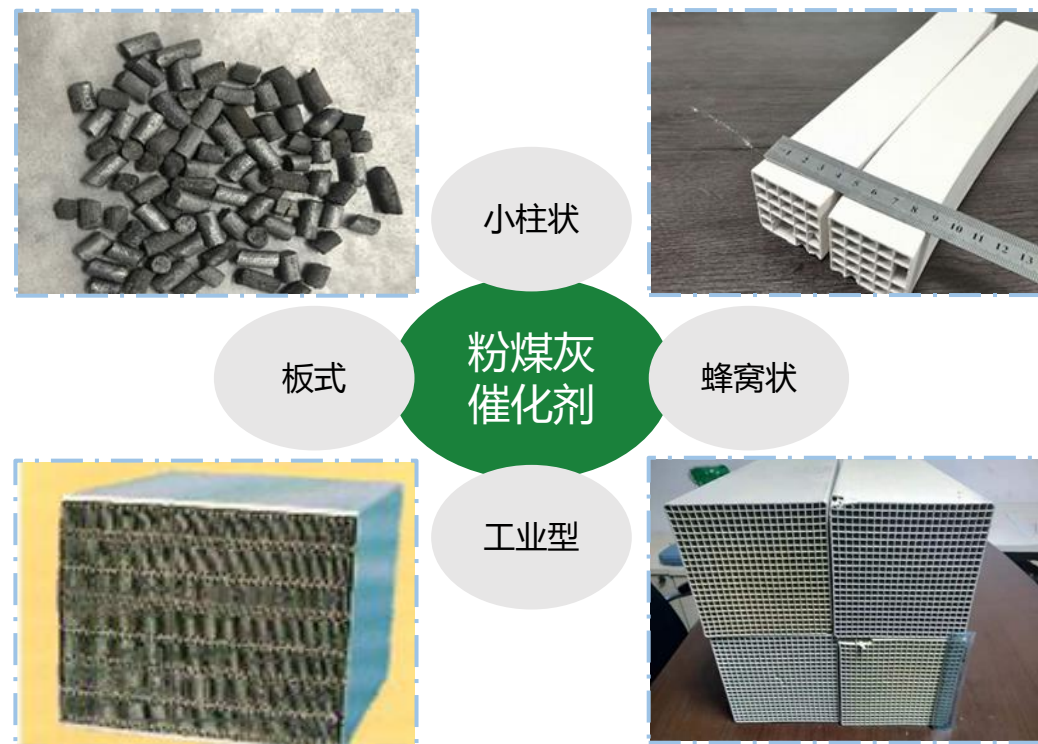
# 3 案例库建设方案

## 3.1 煤系固废在环保领域应用-案例1：粉煤灰基催化剂在烟气脱硝领域的应用

通过混合粉末、搅拌制浆、陈腐处理、挤压成型等工艺制备成固废基载体，应用在SCR一体化脱硝、脱汞工艺中，实现烟气污染物协同治理。



粉煤灰催化剂制备流程



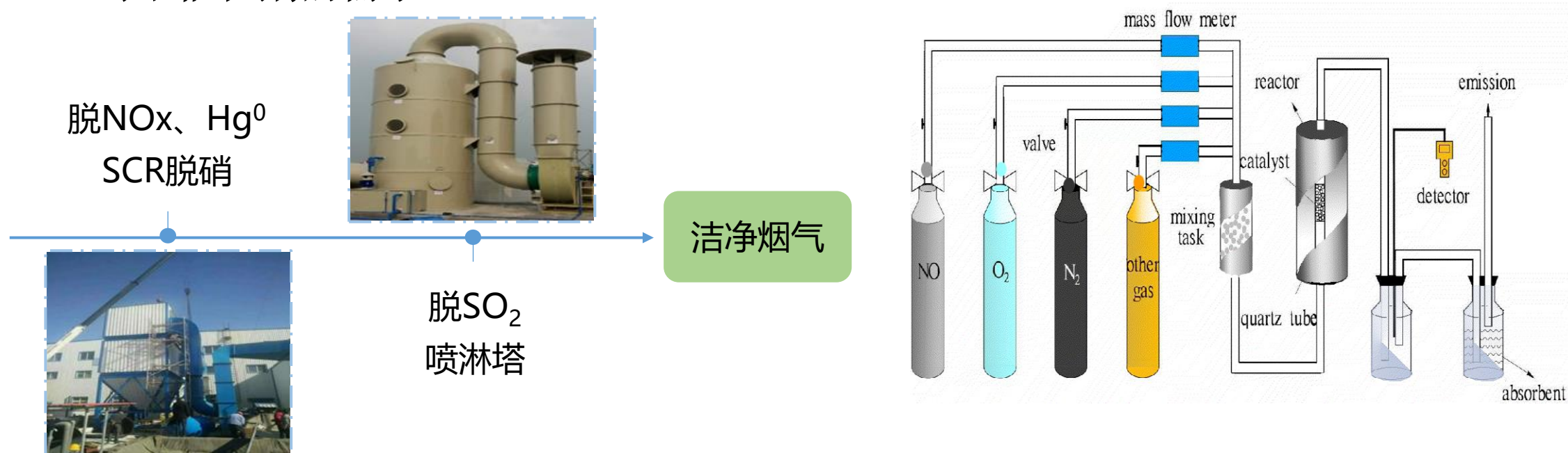
不同形貌的粉煤灰催化剂

# 3 案例库建设方案

## 3.1 煤系固废在环保领域应用-案例1：粉煤灰基催化剂在烟气脱硝领域的应用

将催化剂用于有**动力燃烧**的烟气处理单元进行布排放置，可满足相关企业对于生产过程中产生的大气污染物治理需求。

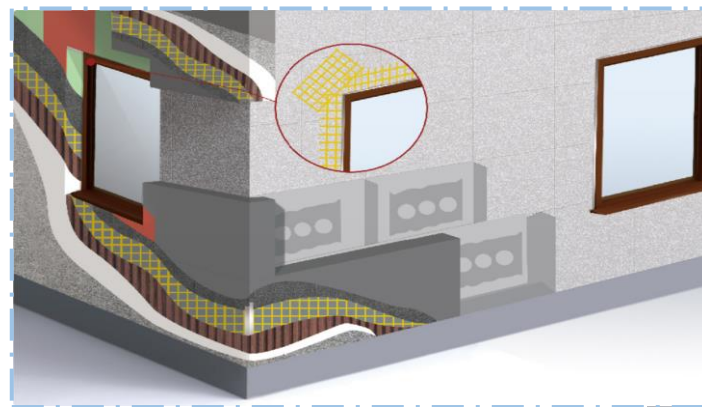
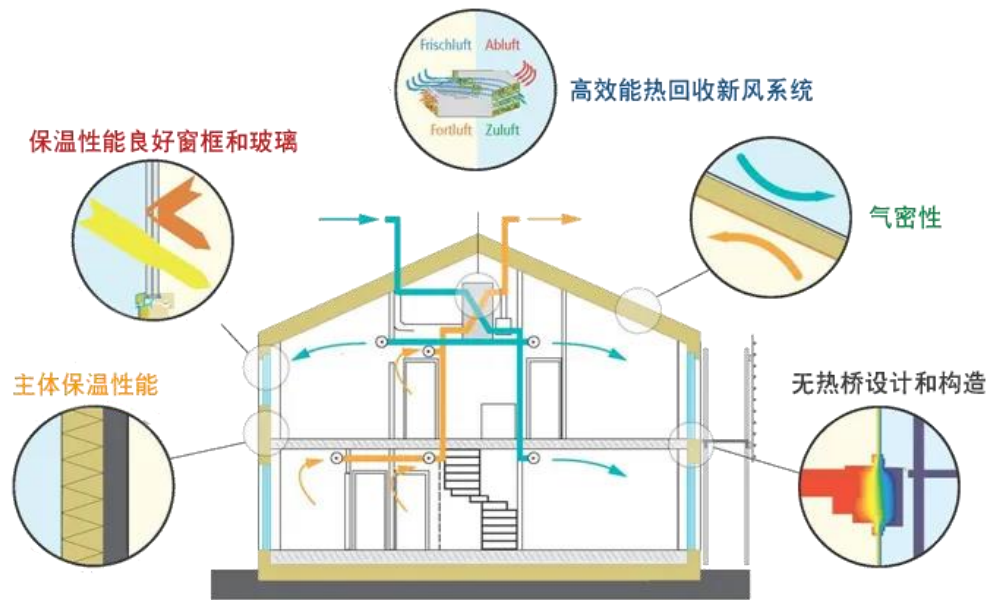
目前工业所用的脱硝催化剂依旧以进口和国产为主，**进口催化剂价格昂贵，而国产催化剂活性温度范围窄**，因此粉煤灰基催化剂具有良好的应用前景，特别是可以满足不同中小企业对于催化剂的需求。



# 3 案例库建设方案

## 3.1 煤系固废在环保领域应用-案例2：粉煤灰/煤矸石基气凝胶保温材料的应用

- ✓ “被动房” 建筑的概念是在德国上世纪80年代**低能耗建筑**的基础上建立起来的；
- ✓ **无需主动的采暖和空调系统**就可以维持舒适室内热环境的建筑；
- ✓ 与一般房屋相比，城市被动房**更加节能降耗**，经济效益显著，节约标煤15.3吨/年，减少二氧化碳排放42.4吨/年，节省采暖费约10.7万元/年。



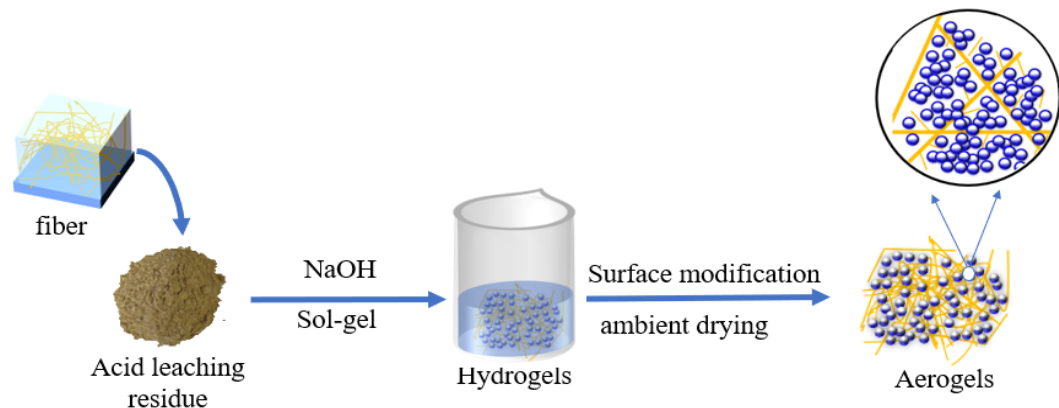
中国境内首座获得认证的“被动房”  
上海世博会“汉堡之家”



# 3 案例库建设方案

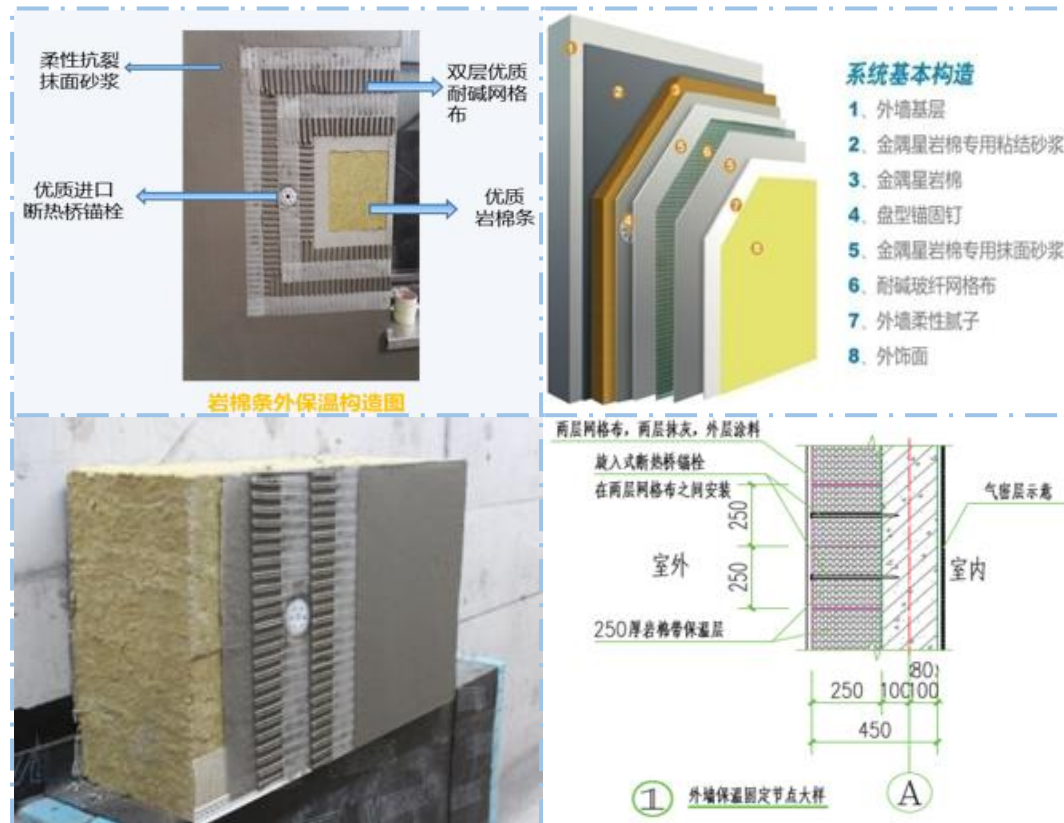
## 3.1 煤系固废在环保领域应用-案例2：粉煤灰/煤矸石基气凝胶保温材料的应用

以富含或高含硅铝化合物的大宗固废为材料，通过强酸将固废中的 $Al_2O_3$ 和 $SiO_2$ 进行分离，采用溶胶凝胶法将酸浸渣制备成气凝胶材料。



气凝胶制备流程

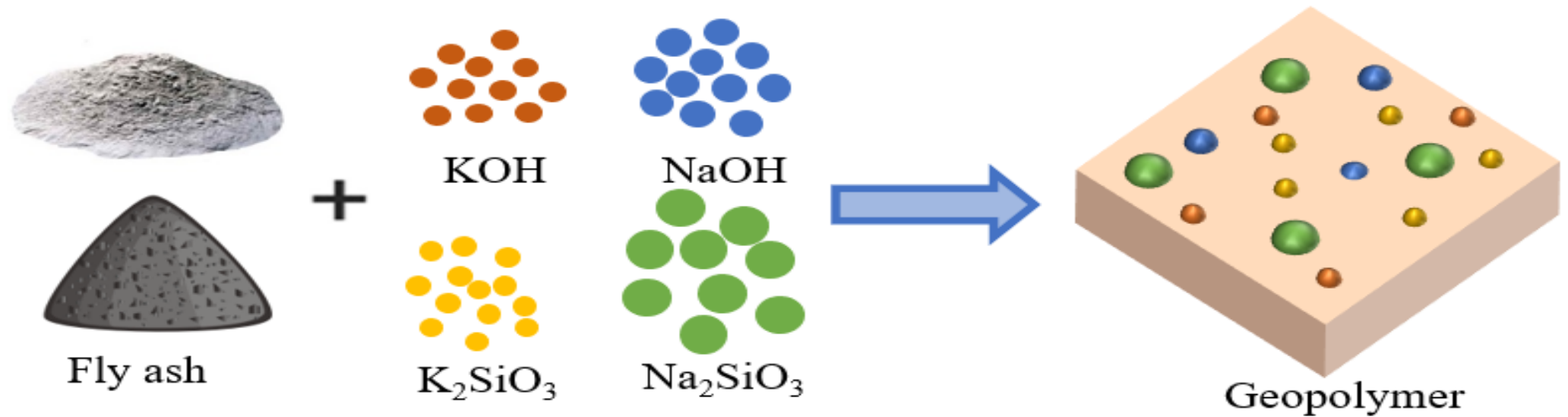
气凝胶材料轻质、多孔，使其在不同的隔热领域均具有出色的表现，在太阳能利用和建筑物节能方面已经得到应用。



# 3 案例库建设方案

## 3.2 工业固废在环保领域应用-案例1：粉煤灰/高炉矿渣基地聚物及地聚物膜应用

利用粉煤灰、高炉矿渣等为原料，使固废中的硅铝酸盐在碱激发剂的作用下溶解并向固体颗粒间隙扩散，最终形成凝胶后排除剩余水分而固结硬化成地质聚合物材料。地聚物是矿区经过开采形成采空区后填充在地层裂隙和孔隙中起充填和固结作用的主要物质，是实现堵水或加固作用的关键。

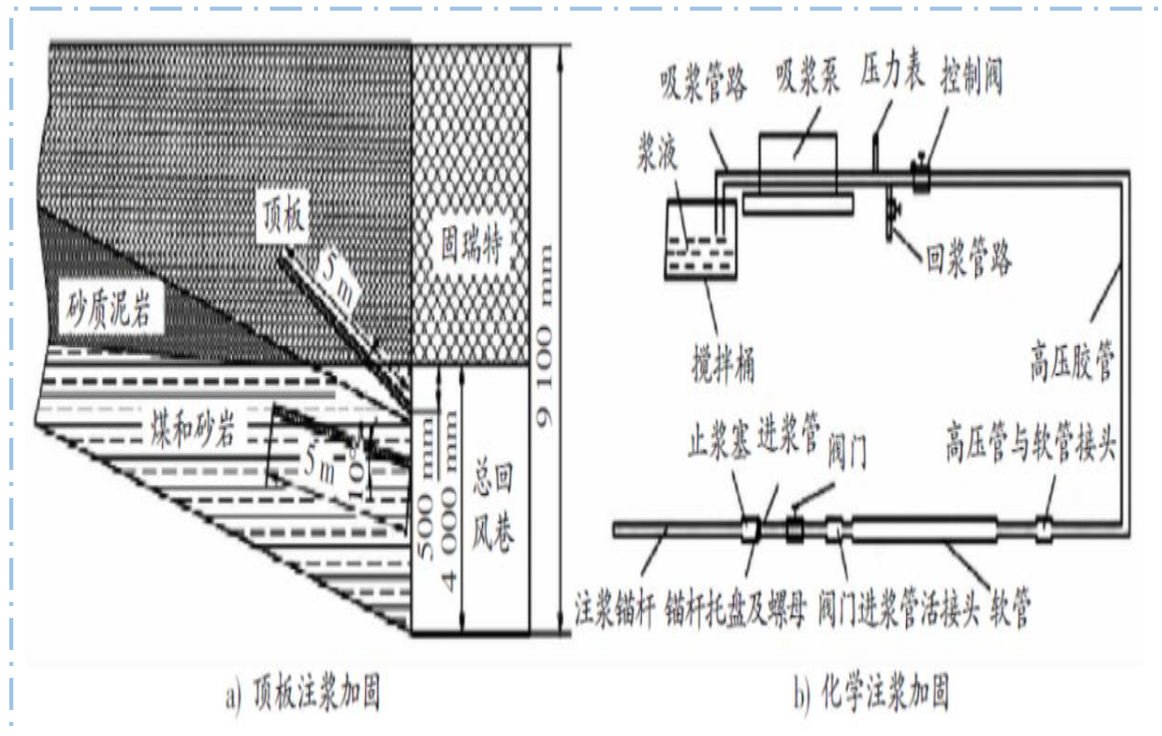


地聚物材料制备流程

# 3 案例库建设方案

## 3.2 工业固废在环保领域应用-案例1：粉煤灰/高炉矿渣基地聚物及地聚物膜应用

地聚物材料通过**注浆**的形式可以在煤炭采空区或塌陷区进行原位注浆填充，降低了煤岩体的孔隙率。从而对**防止煤矿突水、渗水、坍塌**，对**围岩体加固**起到很重要的作用，对预防煤矿事故，保证煤矿安全生产具有很大的意义。



堵水



注浆前出水点



注浆后出水点

加固



注浆前煤层顶板

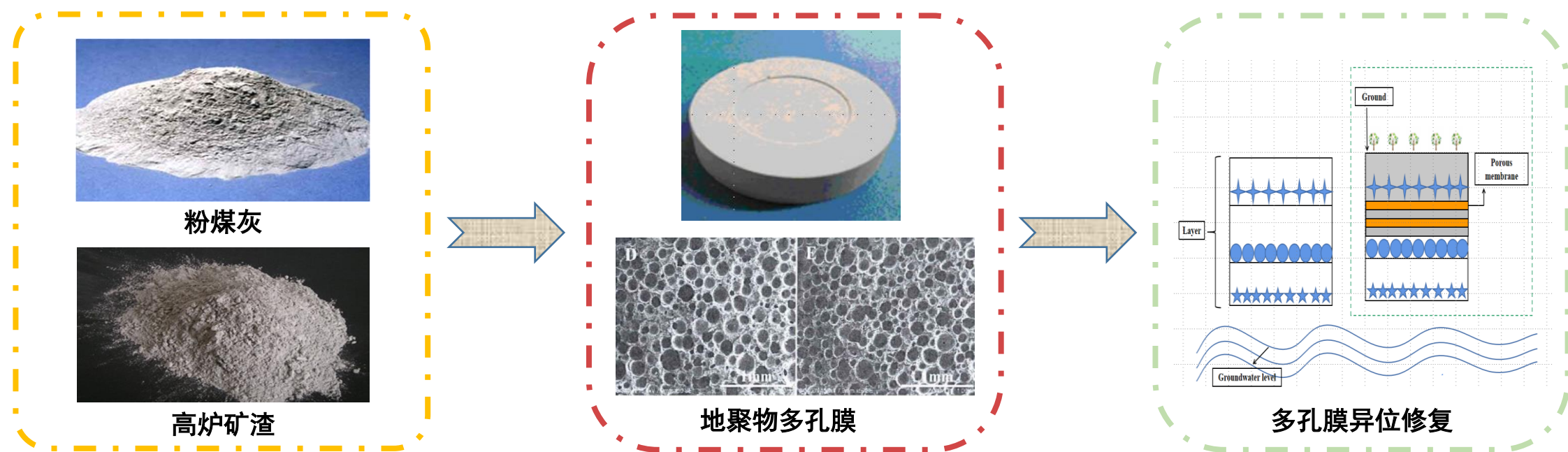


注浆后煤层顶板

# 3 案例库建设方案

## 3.2 工业固废在环保领域应用-案例1：粉煤灰/高炉矿渣基地聚物及地聚物膜应用

在激发剂、发泡剂、稳定剂等作用下，利用粉煤灰和高炉矿渣等固废为原料，通过注模成型法制备成多孔地质聚合物膜。可用于原位或异位修复污染物场地，吸附和截留污染场地中的重金属离子。



地聚物膜的制备与应用

# 3 案例库建设方案

## 3.2 工业固废在环保领域应用-案例2：污泥污染土壤修复案例



**处理规模：**占地总面积3.26万m<sup>2</sup>，污泥总量约28万吨。

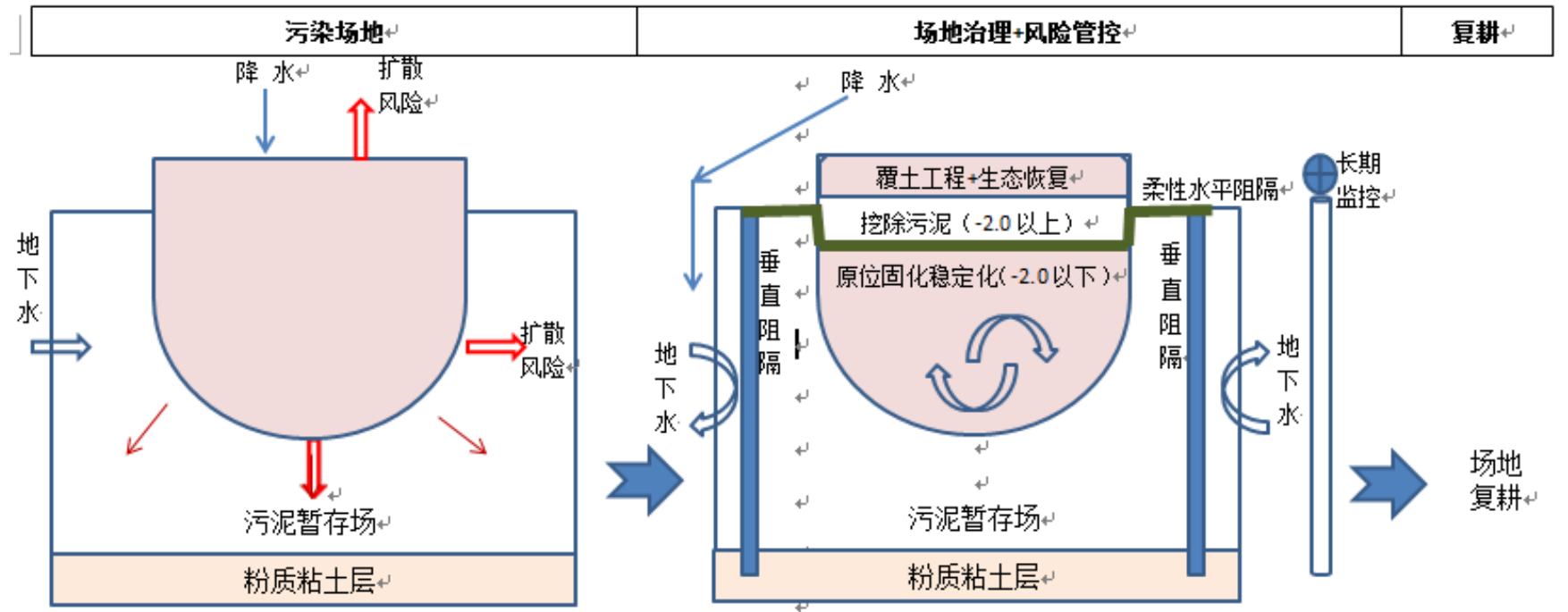
**污染特点：**该暂存场为制革污泥暂存场地，经检测分析其为II类工业固体废物，主要风险来自于污泥中铬、镍等重金属，同时污泥中含有大量塑料、建筑垃圾等杂物。

**修复目标：**场地复耕



# 3 案例库建设方案

## 3.2 工业固废在环保领域应用-案例2：污泥污染土壤修复案例



### 工艺路线：

针对污泥暂存场内开挖耕作层（地面-2m以上部分）后剩余的制革污泥（属于一般固体废弃物）进行治理与修复，采用**固化稳定化技术**对耕作层底部污泥（地面-2m以下部分）进行处理以增加污泥的稳定化水平，同时采用**阻隔技术**在暂存场周围建立**低渗透性垂直阻隔层和水平阻隔层**以控制场地污泥扩散，最终实现场地复耕的目的。

# 3 案例库建设方案

## 3.2 工业固废在环保领域应用-案例2：污泥污染土壤修复案例



### 固化稳定化施工：

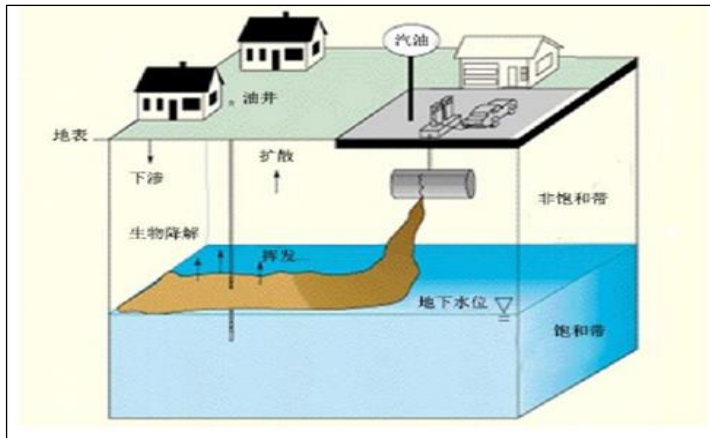
针对暂存场内污泥重金属污染特点，本项目通过向污泥中投加**高效复合式重金属稳定剂**可有效**提高污泥场地内重金属污染物的稳定性**，降低污染水平，铬浸出满足0.1mg/L，其他重金属满足《地下水质量标准》III类标准限值要求。

施工机械：制浆站+搅拌头。

# 3 案例库建设方案

## 3.3 危险固废处理处置案例-案例3：落地油泥资源化应用

- ✓ 落地油泥主要是**油或含油污染物质**落地收集后形成，其组分复杂。
- ✓ 颜色为**黑色**，油包裹着泥土等杂质，污泥较为松散，杂质含量高，污泥中油分布极其不均匀。
- ✓ 油品中的有毒物会在动植物体内逐渐富集，进而**对人体健康造成威胁**。



石油污染路径图



落地油泥

| 种类   | 萃取油         | 渣           | 水           |
|------|-------------|-------------|-------------|
| 含量范围 | 30.4%~61.2% | 13.3%~46.5% | 22.9%~25.3% |

# 3 案例库建设方案

## 3.3 危险固废处理处置案例-案例3：落地油泥资源化应用



# 3 案例库建设方案

## 3.3 危险固废处理处置案例-案例4：微波热解废盐的应用

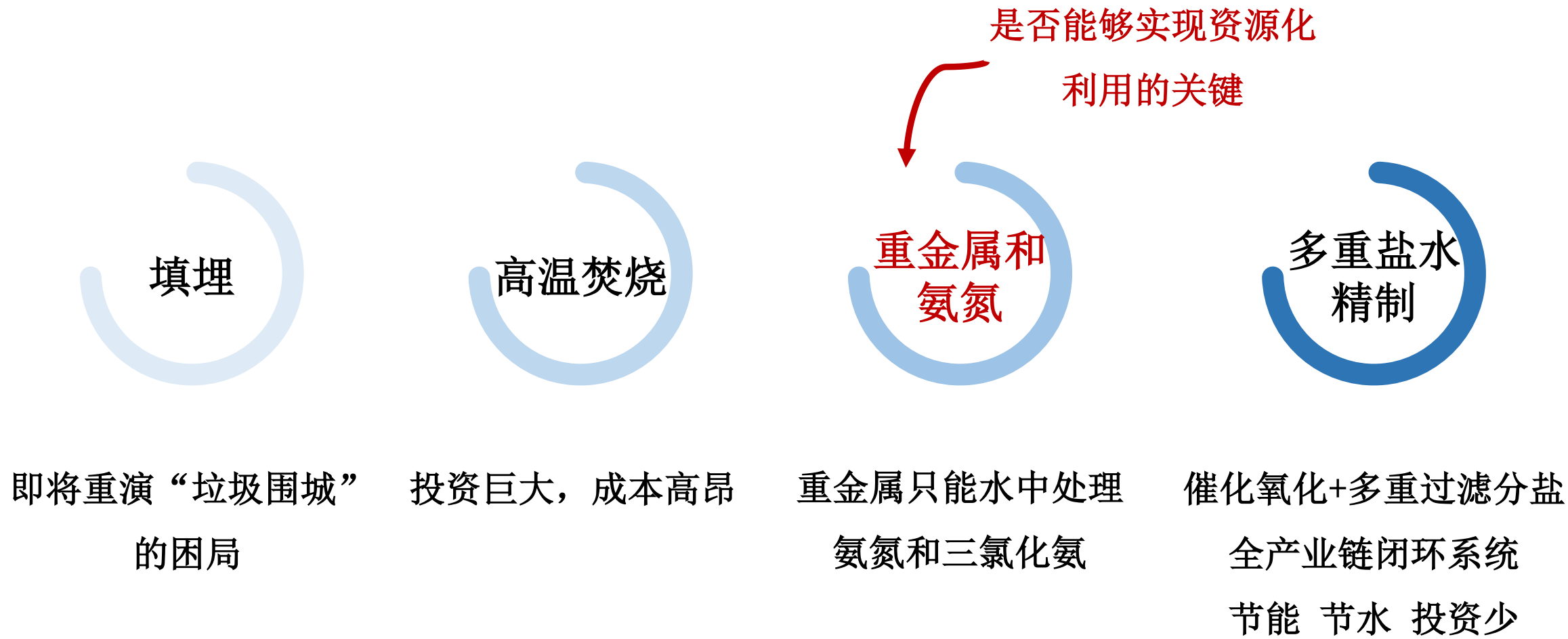
工业废盐一般指化工、石油、纺织、印染、医药、农药等行业生产过程中的**高盐废水结晶产物**或**化工合成的中间副产物**。工业废盐来源广泛且种类较多，存在**毒性大、难降解**等特点，若处置不当，易对土壤、水体和空气造成污染。



危废盐

# 3 案例库建设方案

## 3.3 危险固废处理处置案例-案例4：微波热解废盐的应用



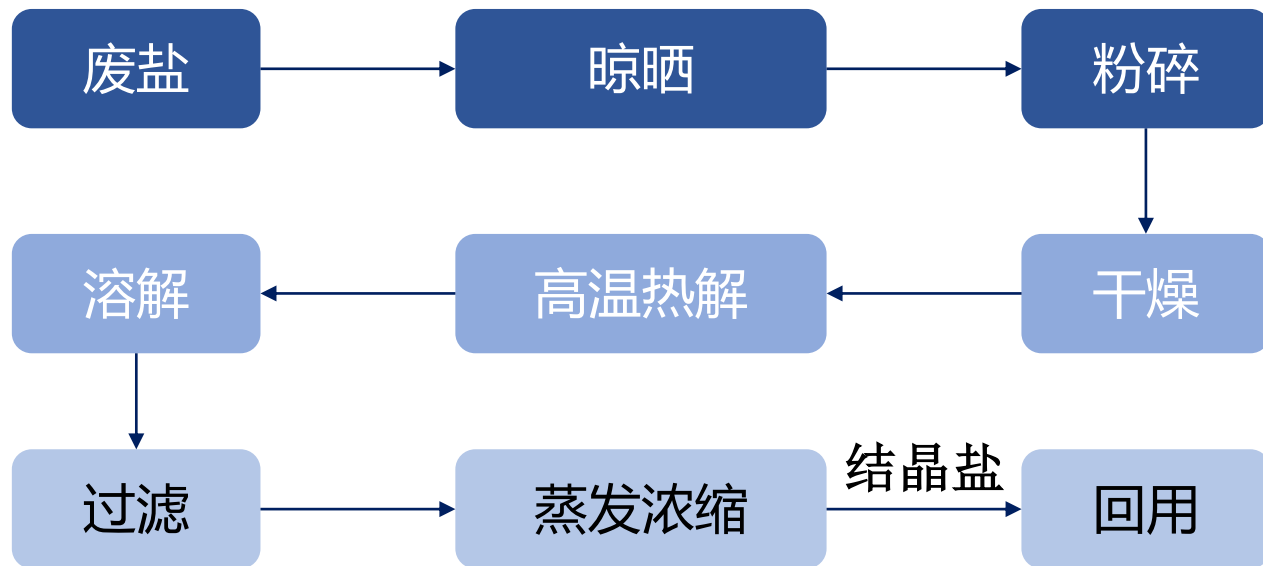
废盐工业化应用困境

# 3 案例库建设方案

## 3.3 危险固废处理处置案例-案例4：微波热解废盐的应用

废盐微波热解处置及资源化利用工艺以微波热解析系统为核心，充分利用微波选择性加热、穿透性加热及非热效应的特点，使废盐中的有机物受热分解气化并分离出来。

包括预处理、微波热解析、尾气处理系统、物料冷却系统、溶解、无机质去除、板框压滤、有机物深度脱除、蒸发结晶、离心分离、脱水烘干等过程，



微波热解工业盐工艺流程

- ✓ 工艺简单，安全高效
- ✓ 绿色环保，无二次污染
- ✓ 有机物去除率99%以上
- ✓ 变废为宝，价值显著

# 3 案例库建设方案

## 3.4 创新点与预期成果

01

### 创新点

- 该固废案例库涵盖了煤系固废案例、工业固废案例以及危险固废案例，涵盖固废种类齐全；
- 案例属于环境材料交叉类学科。并且案例来自科研项目，综合实验，创新创业项目，覆盖面广且具有综合性。

02

### 预期成果

- ✓ 建成固废相关案例4~5个，为本科固废课程提供实践平台；
- ✓ 带领指导本科生参加大创、互联网+等竞赛，支持鼓励本科生发表相关论文、专利，提供参与相关项目的机会等。



# PART 4

- ✓ 案例库基本情况
- ✓ 案例库基本依据
- ✓ 案例库建设方案
- ✓ **案例库经费预算**
- ✓ 案例库进度安排

## 4 案例库经费预算

案例库建设总经费**1万元**，具体支出如下：

| 序号 | 经费开支项目      | 金额（元）        |
|----|-------------|--------------|
| 1  | 差旅费         | <b>1250</b>  |
| 2  | 调研费         | <b>2000</b>  |
| 3  | 出版费         | <b>1250</b>  |
| 4  | 印刷费         | <b>2000</b>  |
| 5  | 教材和多媒体素材购置费 | <b>3500</b>  |
|    | 合计          | <b>10000</b> |

# PART 5

- ✓ 案例库基本情况
- ✓ 案例库基本依据
- ✓ 案例库建设方案
- ✓ 案例库经费预算
- ✓ **案例库进度安排**





西安科技大学

XI'AN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

请各位专家提出宝贵建议