



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences

高盐度复杂矿井废水处理技术 研发与工程示范



报告人：刘新春

职 称：教授 博导

完成人：余志晟 钱智 刘研萍

王斌 李娟 王敬威

2024-09-24

科研工作

学术定位：关注水环境安全，致力于发展具有自主知识产权的污水处理新技术

- 噬菌体的分离与应用研究
- 厌氧氨氧化关键技术研发
- 高盐度复杂矿井废水处理技术
研发与工程示范





研究方向

高盐度复杂矿井废水处理示范工程

- 废水组成及特点分析
- 工艺选型及优化
- 浓水资源化利用

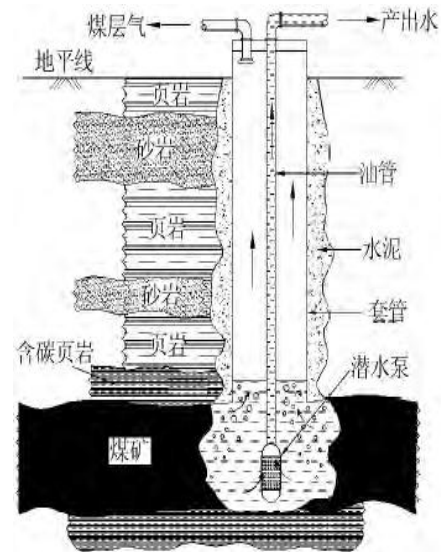
项目支持：国家科技重大专项子课题
(2009ZX05039-003) (2011ZX05060-005)
(2016ZX05066006-001)

基础：氧化、膜技术、反应器与单元工艺组合



一、背景介绍

- 煤系气大多以吸附态储存于煤系地层孔隙中，少量以游离态形式存在。必须减小地层静水压力，使煤系气经解吸—扩散—渗流过程得以采出。
- 在实际抽采过程中，国内外多以水力压裂技术为主，通过地面钻井，将压裂液高速注入地层；然后通过排水降压使煤系气从地层基质中解吸出来，渗流到裂隙系统（天然和人工裂缝）中，最后流入井筒产出。
- 煤系气田产出水——**煤系气产出时排出的伴生水**，如图所示。



实验水质



煤层气田采出井以及伴生水采集

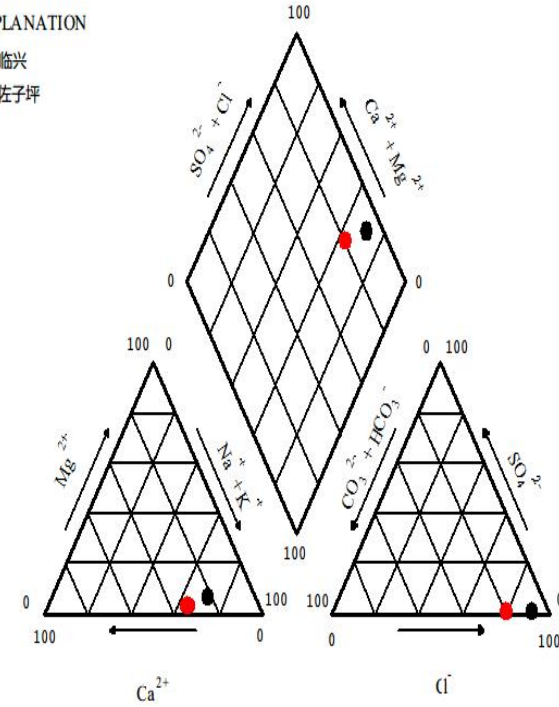


➤ 临兴集气站产出水水质数据（山西吕梁地区）

项目	临兴集气站	项目	临兴集气站
氨氮mg/L	42	Zn (mg/L)	22.345
浊度NTU	2570	As (mg/L)	0.63
COD	7197.89	Cd (mg/L)	0.07
悬浮物mg/L	504.5	Hg (mg/L)	2.145
全盐量mg/L	57415	Pb (mg/L)	0.6
电导率	82.3	Si (mg/L)	146.5447
pH	5.74	Ca (mg/L)	6662.05
Na (mg/L)	6525.145	K (mg/L)	14775.88
Mg (mg/L)	383.785	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	7596.99
Al (mg/L)	18.54	Br ⁻ (mg/L)	385.14
Fe (mg/L)	368.095	F ⁻ (mg/L)	4687.52
Sr (mg/L)	303.94	Cl ⁻ (mg/L)	18115.28
Cr (mg/L)	10.445	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	178.31
Ni (mg/L)	1.035	NO ₃ ⁻ (mg/L)	75.17
Cu (mg/L)	0.405		

EXPLANATION

- 临兴
- 佐子坪

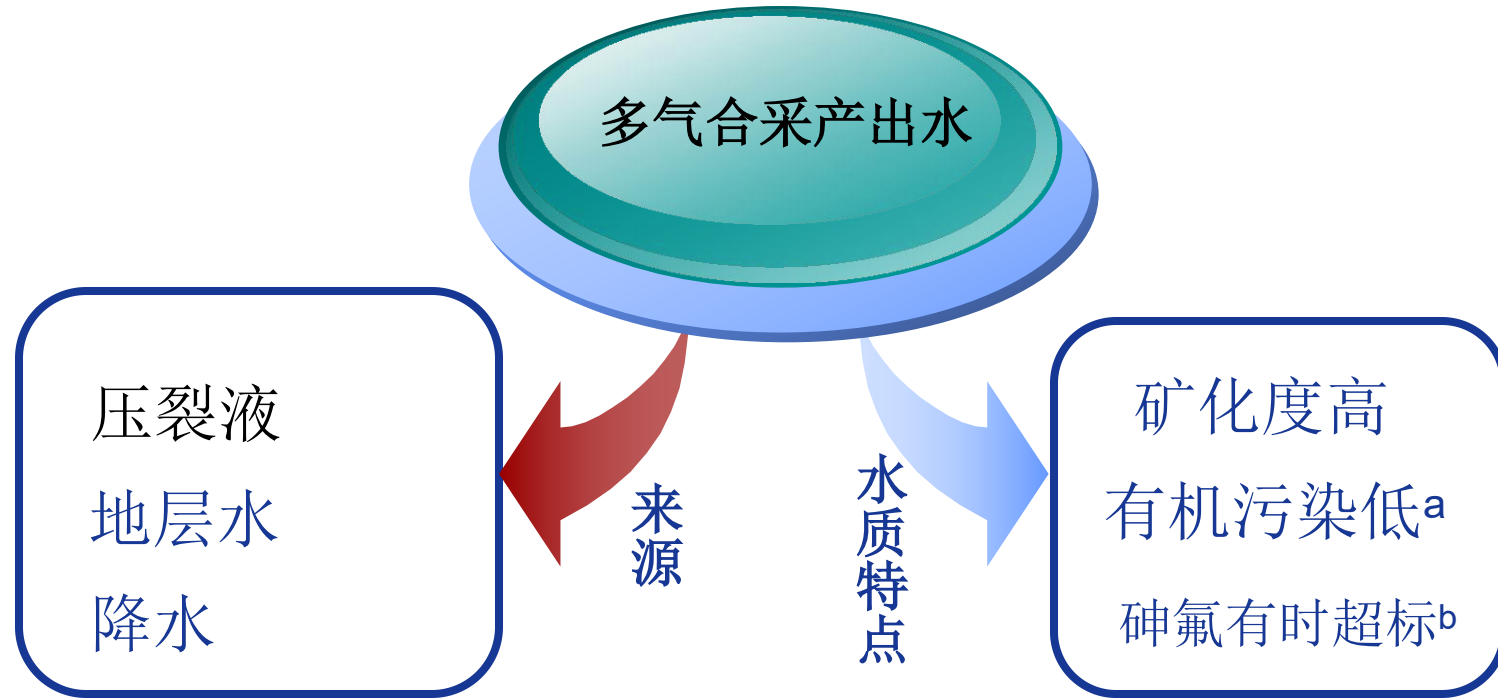


临兴：具有高COD、高盐度、高硬度特征，水质为K-Cl-HCO₃型；属于高盐度难处理废水。



多气合采产出水组成及特点

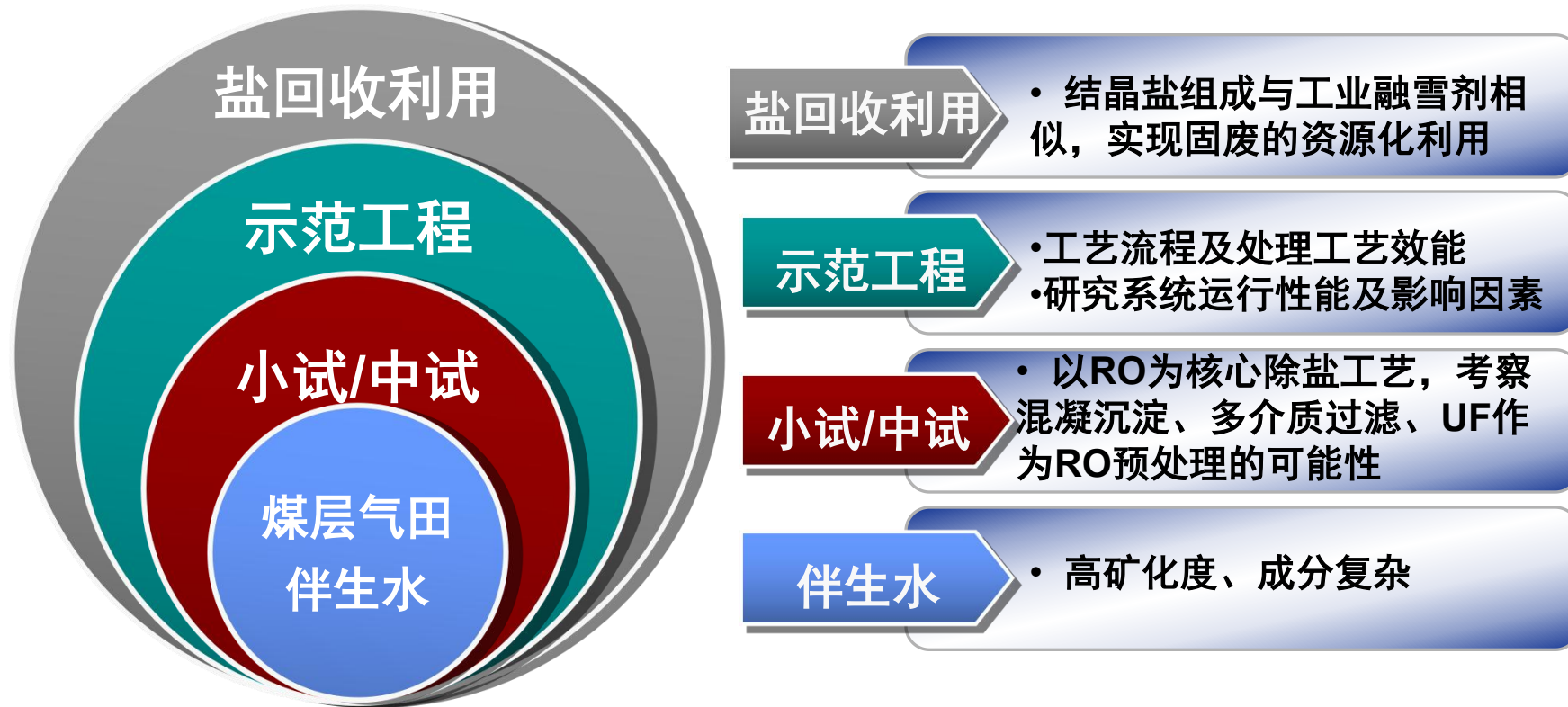
关键问题：含盐量高、成分复杂、处理难度大



盐分含量 60000mg/L 左右（比海水盐度高近1倍）



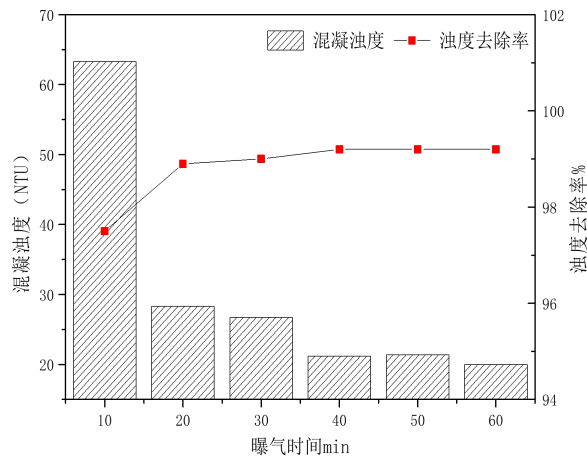
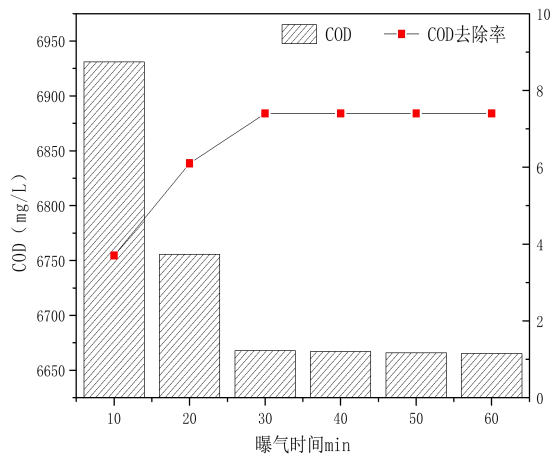
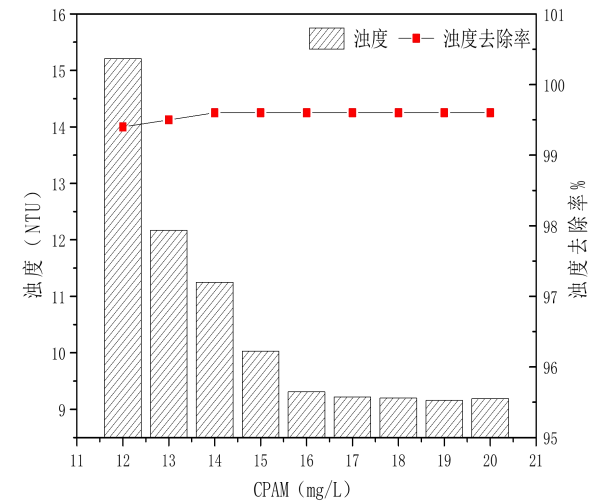
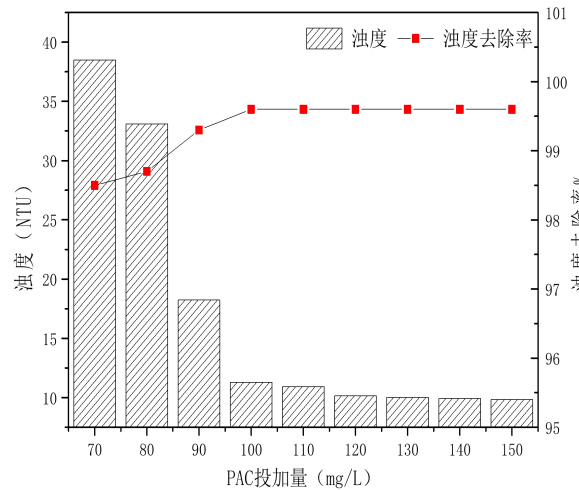
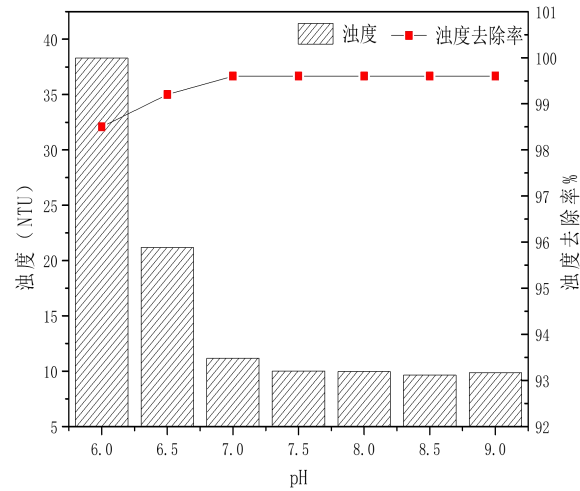
二、 产出水处理研究思路





二、产出水预处理实验成果

➤ 临兴集气站产出水预处理混凝实验结果



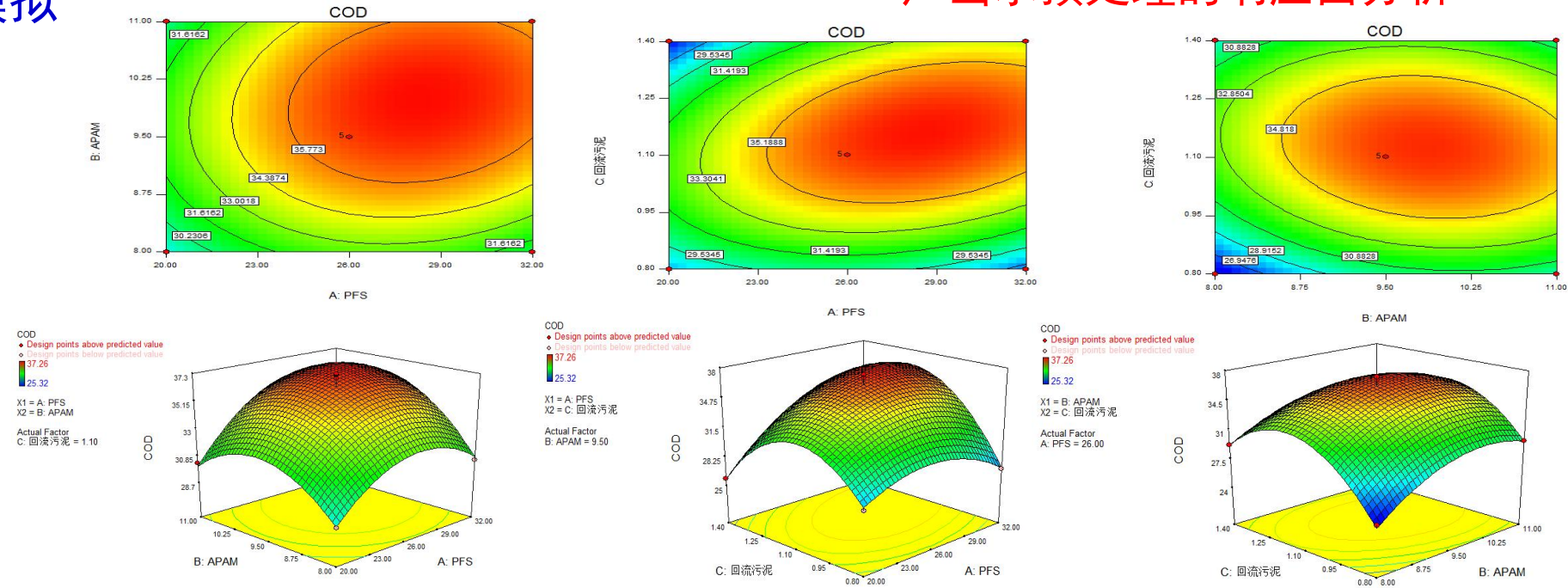
- 在曝气流量为6.0L/min、曝气40min可以取得较好的混凝效果，浊度去除率为99.2%，COD的去除率为11.1%，电导率的去除11.1%。
- 加载絮凝pH为7.5、聚合硫酸铁投加量为24mg/L、聚丙烯酰胺投加量为5mg/L、污泥回流量为1.5ml、搅拌时间7min时，混凝效果最好，浊度为8.63NTU。



二、产出水预处理条件优化

➤ 实验数据模拟

产出水预处理的响应面分析



BBD最优条件验证

- 等高线为椭圆形，表明交互作用明显
- PFS: 26mg/L左右
- APAM: 8.75-9.5mg/L

实验号	最优条件			预测值 (%)	实测值 (%)
	A (PFS)	B (APAM)	C (回流污泥)		
A	28.9	9.96	1.15	37.32	37.41
B	26	9.5	1.1		35.27-37.26

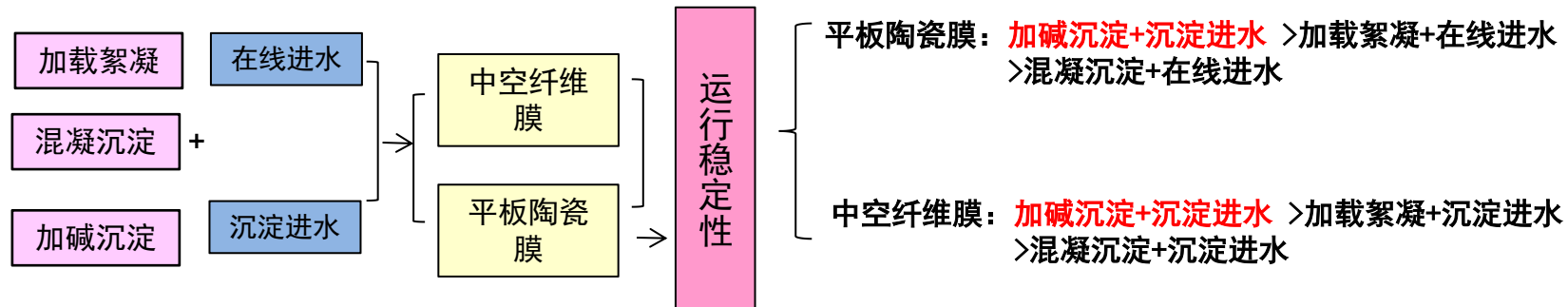
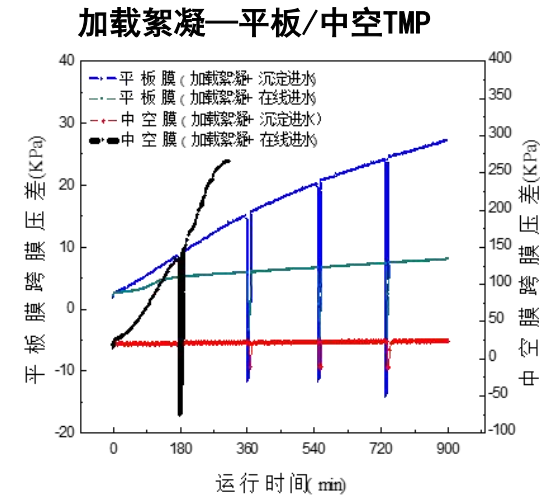
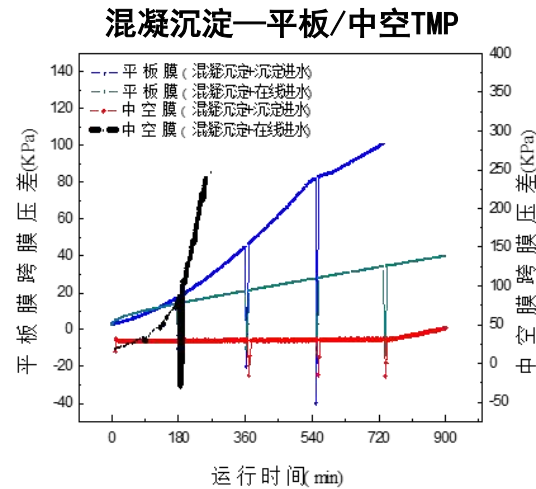
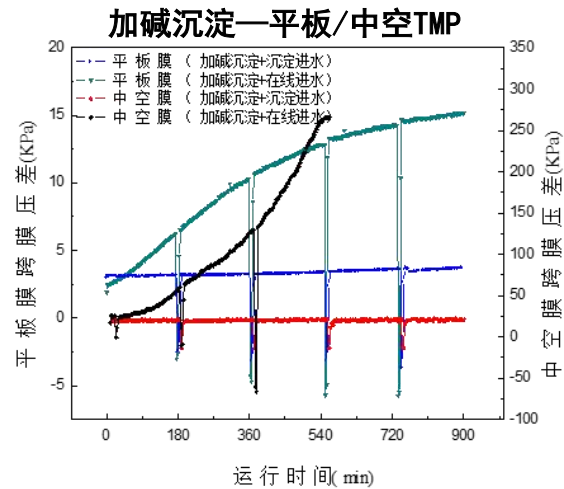
注: A为模型拟合的最优组合; B为BBD试验设计表中的最优组合



二、产出水处理整体工艺条件优化

➤ 预处理—超滤膜工艺优化

小试工艺采用原水进行研究，水质主要取自临兴区块



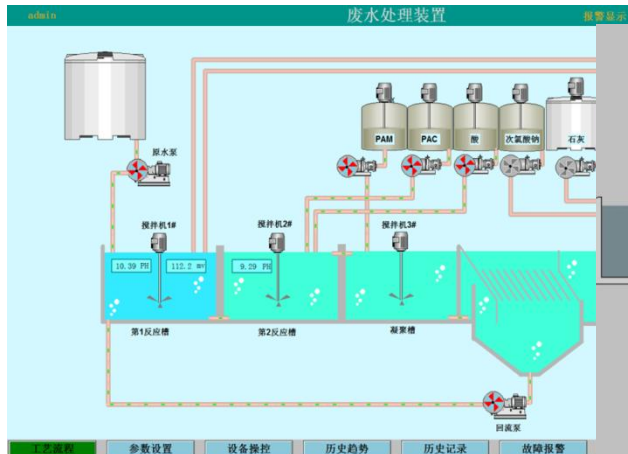
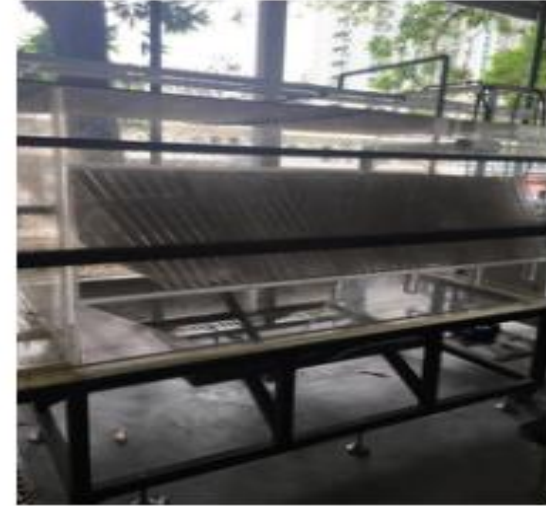
➤ 从运行稳定性比较：平板陶瓷膜 > 中空纤维膜



二、产出水处理整体工艺中试实验

中试实验装置

处理规模为 2 t/h



预处理装置



超滤装置

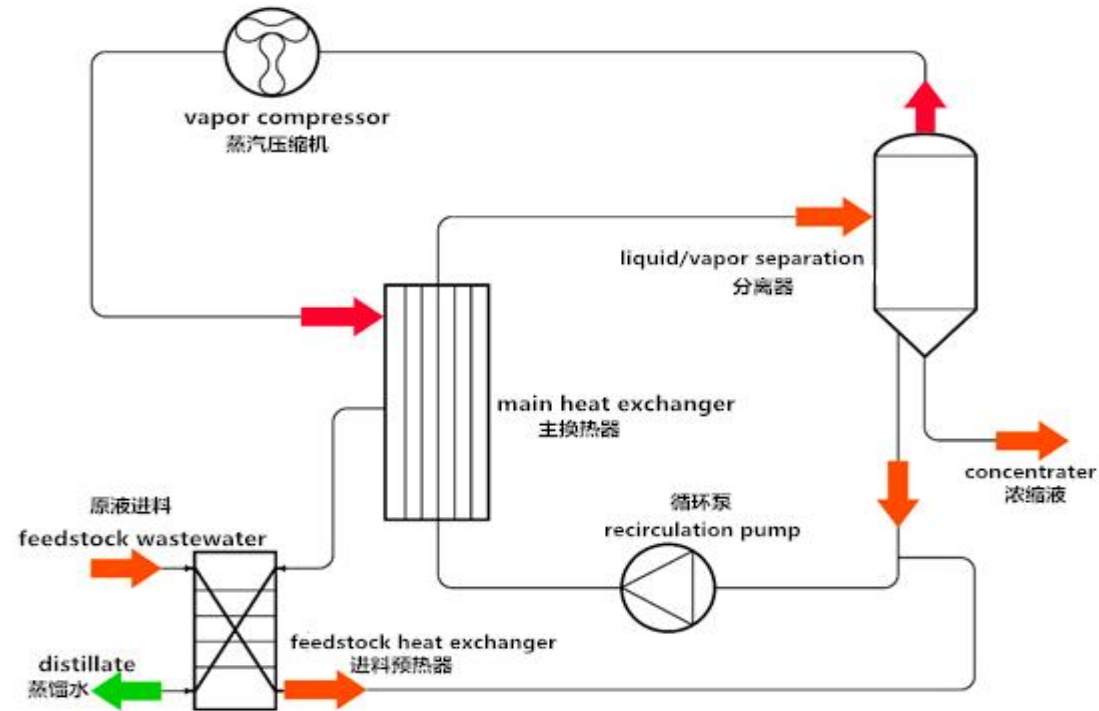


反渗透装置



二、产出水浓缩液的蒸发结晶

➤ 机械式蒸汽压缩蒸发（MVR蒸发器系统）系统



MVR蒸发器系统优点：

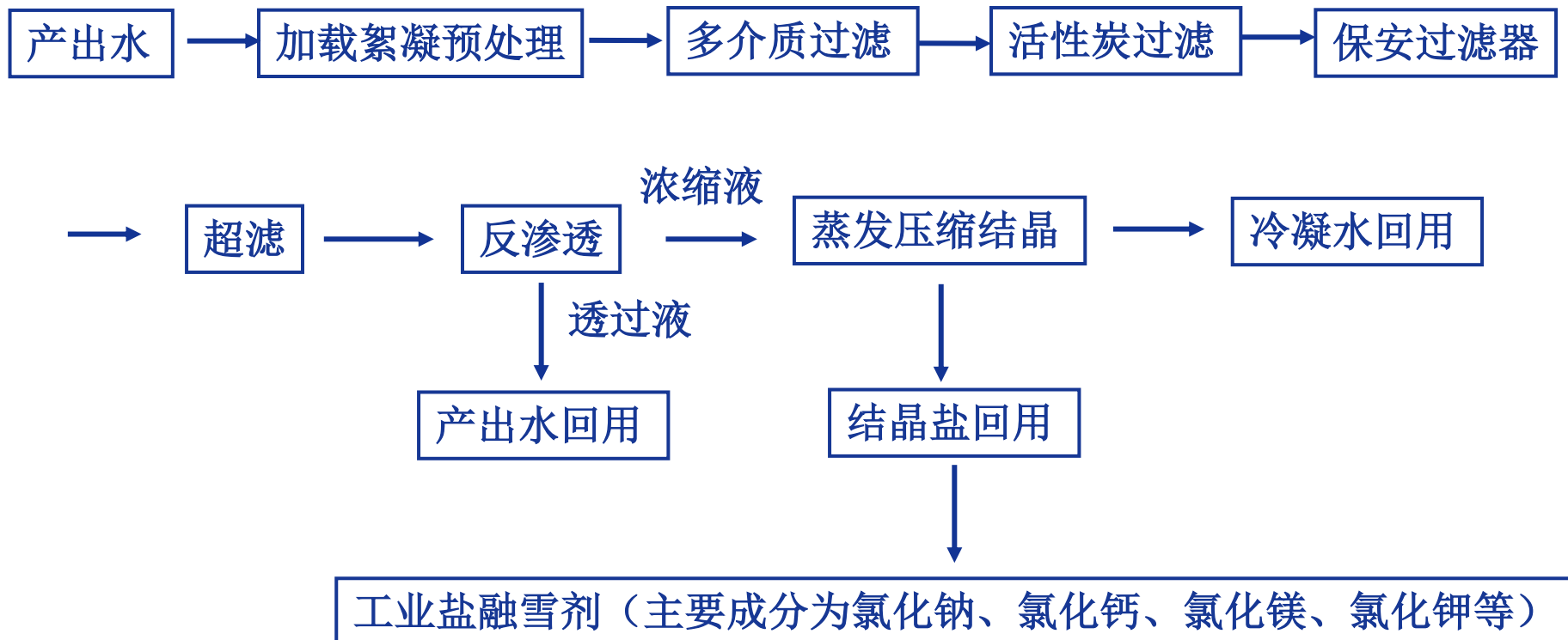
- 1) 不需要锅炉产生的鲜蒸汽，降低对锅炉投资和减少压力容器相关风险。
- 2) 该蒸发器只需要使用电即能蒸发，其能耗为传统蒸发器节能60%左右。



二、技术路线图

➤ 工艺设备说明：

本系统分为预处理、反渗透脱盐、机械式蒸汽压缩蒸发系统三大部分





三、示范工程建设-历经多次选址





三、示范工程建设-历经多次选址





三、示范工程建设-历经多次选址

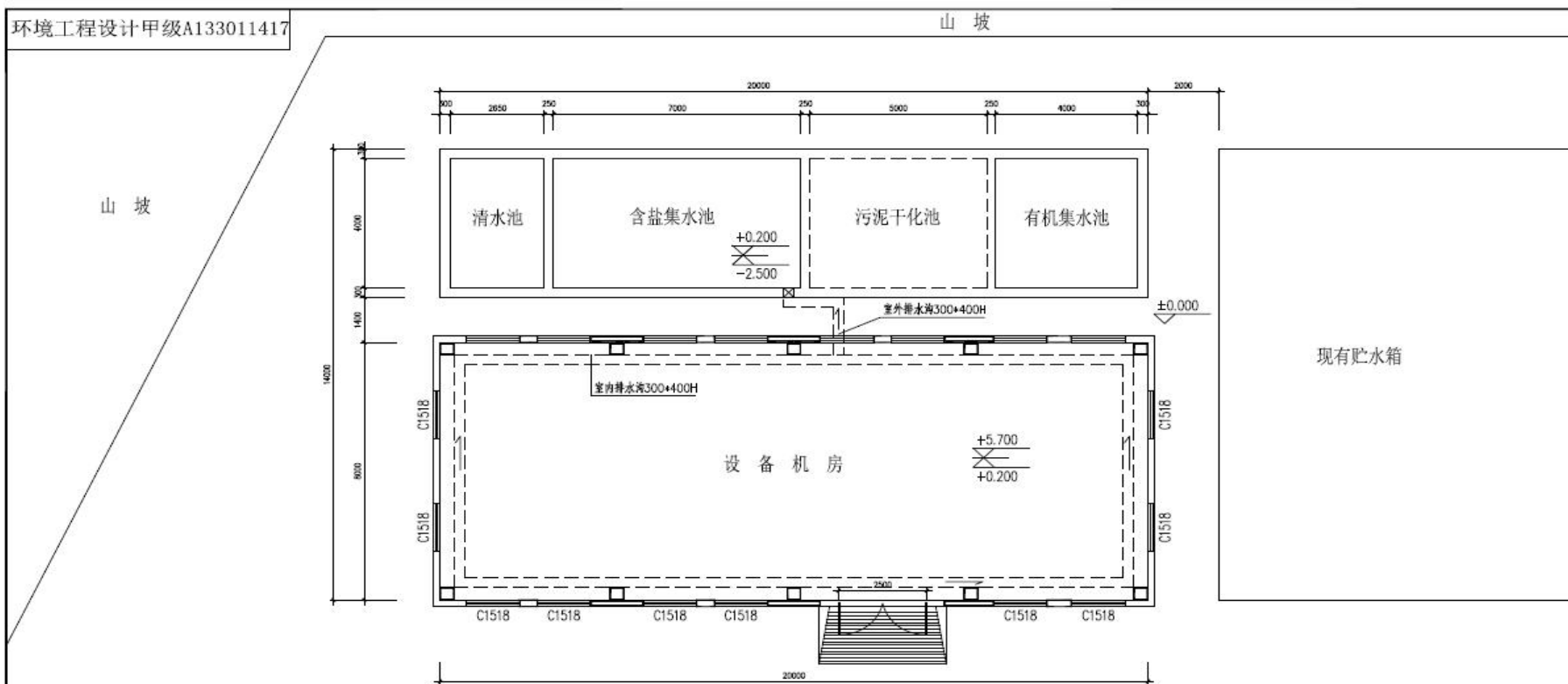


三、示范工程开工建设

高矿化度产出水综合处理装置及其示范应用

- (1) 处理规模：处理煤系气田产出水水量50吨/天
- (2) 出水要求：《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）旱作指标
- (3) 处理系统：包括预处理、反渗透脱盐、机械式蒸汽压缩蒸发系统
- (4) 建设地点：更换为吕梁临兴33号场地

三、示范工程建设-厂房布置图



产出液处理工程位置及总平面布置图

主要建构筑物一览

序号	建筑物名称	规格尺寸(净)	数量	结构型式	防腐
1	设备机房	20*8*5.5mH	1	框架或钢结构	
2	有机废水集水池	4*4*2.7mH	1	地下钢砼	玻璃钢防腐
3	含盐废水集水池	4*8*2.7mH	1	地下钢砼	玻璃钢防腐
4	污泥干化池	4*4*2.7mH	1	地下钢砼+地上游雨篦	玻璃钢防腐
5	清水池	4*4*2.7mH	1	地下钢砼	玻璃钢防腐
6	室内外排水沟	0.3*0.3mH	1		

 保科集团杭州环保研究院有限公司 HANGZHOU INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION RESEARCH		项目名称 PROJECT	绍兴—嵊州市煤业地质多气态汞 产品处理工艺装置研发	项目编号 PROJECT NO.	S2019MC01
甲方 CUSTOMER	设计 DESIGN	于 项 SUBJECT	总图	图纸编号 DRAWING NO.	YS-01
甲方代表 CUSTOMER REPR.	设计 DESIGN			设计阶段 DESIGN STAGE	设计图
项目负责人 PROJECT MANAGER	专业 SPECIALTY	图章 CHARTER	工程价费及工程量清单图	比例 SCALE	A2
专业负责人 SPECIALTY PERSON	专业 SPECIALTY			日期 DATE	1:80 2019.7.3



三、示范工程建设-厂房修建

► 现场场地图





三、示范工程建设-设备安装



软化加药系统及斜板沉淀池



过滤系统装置图（多介质过滤器、活性炭过滤器）



超滤系统装置图

➤ 高盐设备及实物照片



三、示范工程建设-设备安装



反渗透系统装置图



机械式蒸汽压缩蒸发系统（MVR）



三、示范工程建设-材料装填

➤ 现场设备调试运行试验

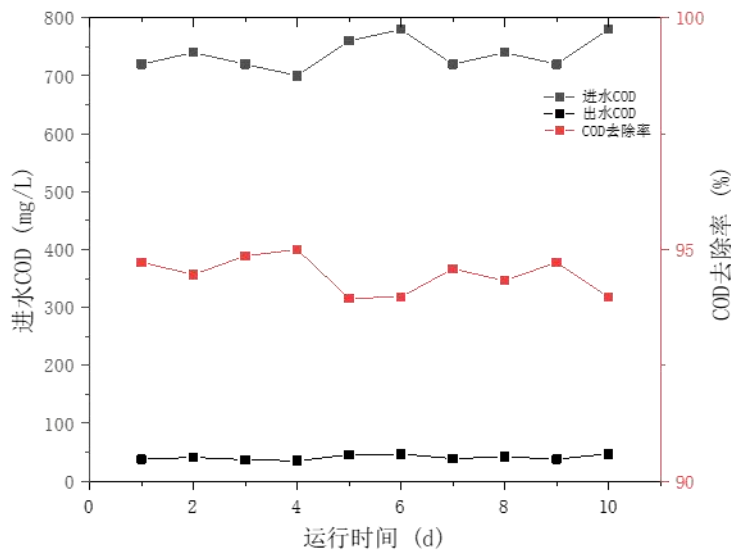




三、示范工程处理效果

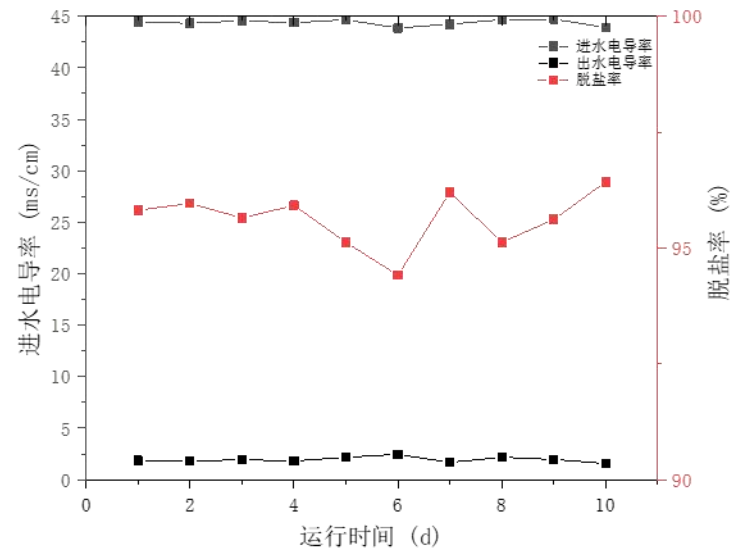
➤ 高盐设备试运行数据

系统出水COD随时间变化



- 进水的COD值维持在700~800 mg/L。系统的出水较为稳定，基本上低于50 mg/L
- 系统COD去除率约为95%

电导率，脱盐率随时间变化



- 进水的电导率维持在44~45 ms/cm，出水电导率处于100~1000 μ S/cm的范围，系统出水水质也较为稳定
- 系统脱盐率处于97.5~99%之间



三、示范工程处理效果

➤ 高盐设备试运行数据 蒸发结晶系统

系统蒸发系统将反渗透的浓水进行加热蒸发结晶进一步去除水分。

系统水回收率如下：

时间d	进水流量m ³ /h	出水水流量m ³ /h	回收率%
1	2.1	0.81	38.57
3	2.0	0.76	38
5	2.2	0.9	40.9
7	1.9	0.74	38.9
9	2.05	0.77	37.56

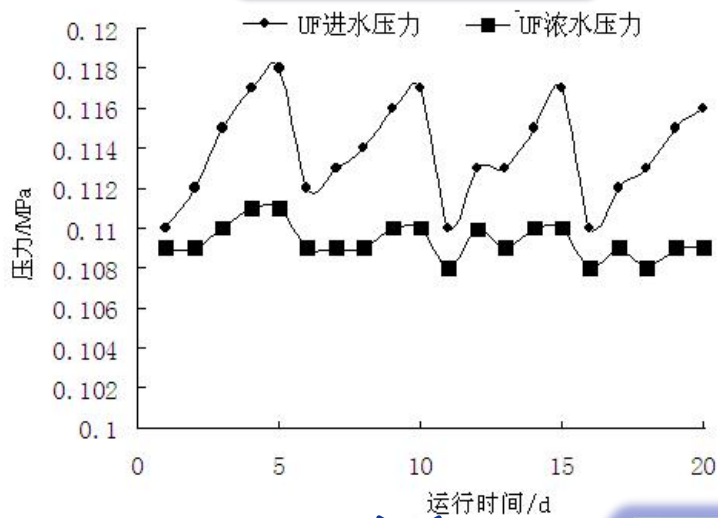
对浓水进行蒸发结晶得到结晶盐的质量如下：

时间d	蒸发量m ³ /h	结晶质量kg/h
1	0.8	43.8
3	0.8	42.3
5	0.8	43.7
7	0.8	42.6
9	0.8	43.1



三、示范工程系统稳定性分析

UF系统压力变化

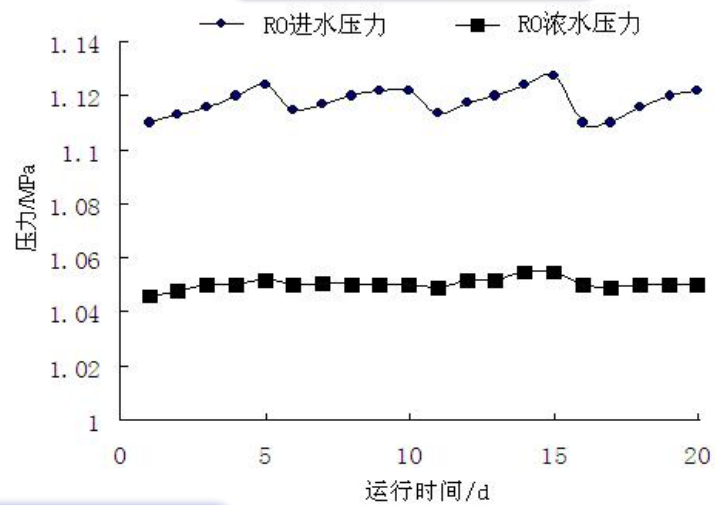


运行时间/d

冲洗周期为5d

筛分原理

RO系统压力变化



运行时间/d

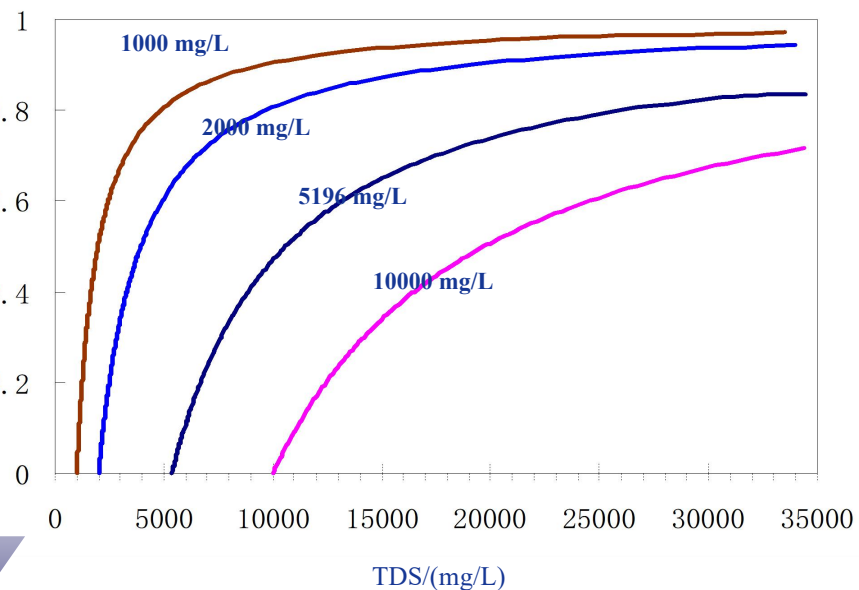
溶解—扩散理论

煤层气田伴生水处理示范工程运行

RO系统运行性能及影响因素——系统回收率

$$R = 1 - \left(\frac{c_0}{c} \right)^{\frac{1}{r}}$$

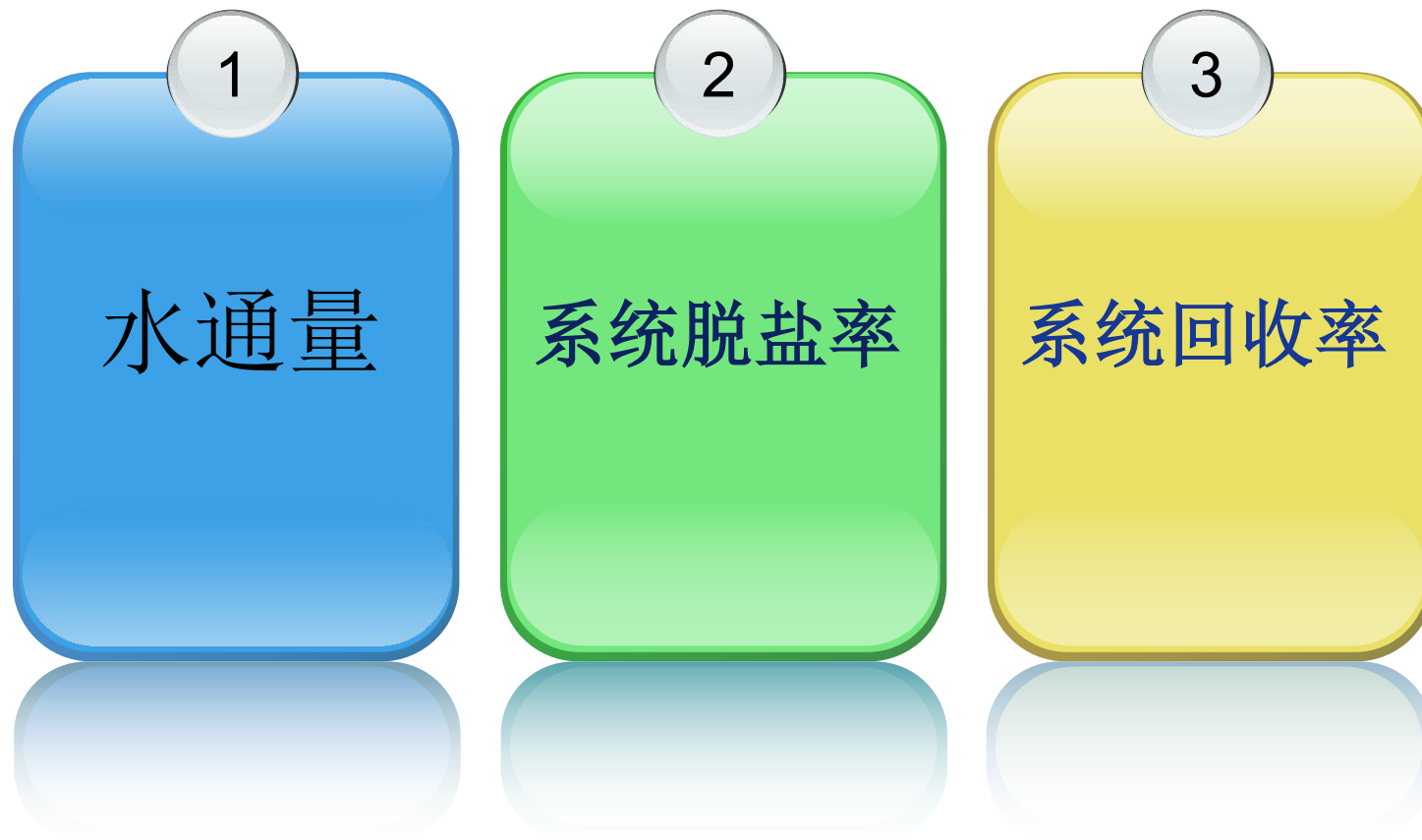
回收率



伴生水**TDS**随着开采时间延长而降低，此公式可估计新工况下的浓水**TDS**和系统的回收率，适时的改变操作压力，维持工程稳定运行。

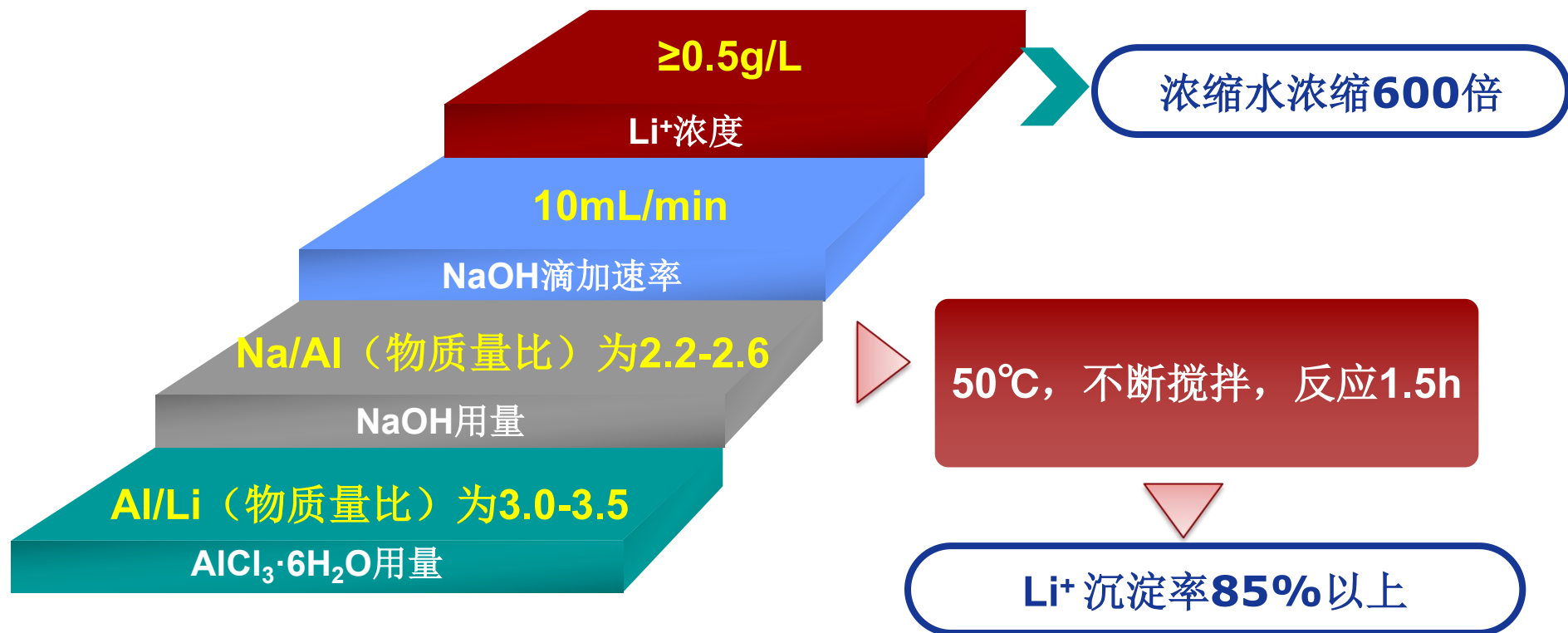
煤层气田伴生水处理示范工程运行

RO系统运行性能及影响因素



伴生水中Li⁺回收研究

实验结果



煤层气田伴生水处理示范工程运行

单元处理效果

水质参数	原水	锰去除率/%	RO系统去除率/%	系统去除率/%
浑浊度/(NTU)	409	29	—	≈100
pH	7.5	—	—	—
COD _{Mn} /(mg/L)	6.46	4	66.10	81.58
电导率/(μs/cm)	7700	—	—	97.50
TDS /(mg/L)	4400	5	97.36	97.61
NH ₃ -N /(mg/L)	1.58	6	72.94	85.44
Cl ⁻ /(mg/L)	1910	7	94.78	96.99
Fe /(mg/L)	0.22	—	—	≈100
Mn /(mg/L)	0.04	—	—	≈100

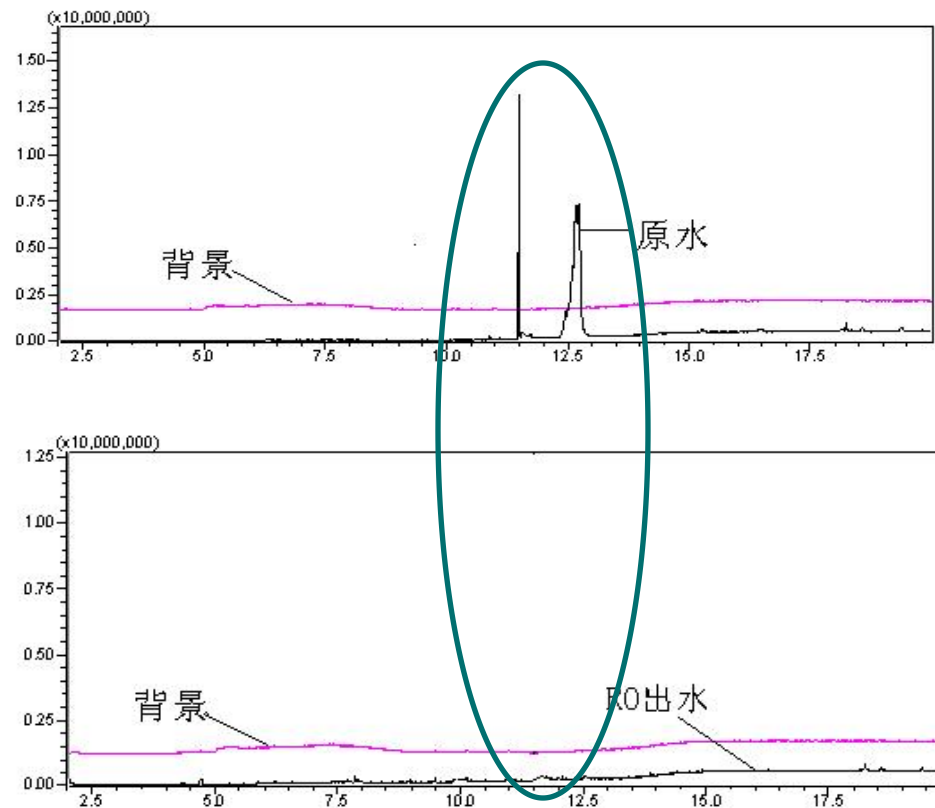


三、反渗透系统产出水水质分析

出水安全性分析（色谱—质谱（GC-MS）分析）



处理水达到饮用水标准



研究成果

发表论文

1. QIAN Zhi, LIU Xinchun, YU Zhisheng*, ZHANG Hongxun, JÜ Yiwen. A Pilot-scale Demonstration of Reverse Osmosis Unit for Treatment of Coal-bed Methane Produced Water and Its Modeling. Chinese Journal of Chemical Engineering, 2012,20(2) :302-311.
2. 刘研萍, 王斌, 刘新春, 钱智, 余志晟, 琚宜文, 张洪勋. UF-RO处理煤层气田产出水的工程应用. 环境工程, 2011, 29(6): 1-4.
3. 刘新春*, 王斌, 刘研萍, 李娟, 余志晟, 钱智, 陶莹, 琚宜文, 张洪勋. 氢氧化铝沉淀法从煤层气田产出水中吸附锂的方法探索, 化工矿物与加工, 2012年09期, pp 20-22.
4. 刘新春*, 王斌, 刘研萍, 李娟, 余志晟, 钱智, 陶莹, 琚宜文, 张洪勋. 高矿化度煤层水用作生活饮用水的应用研究, 工业水处理, 2013, Vol. 33 (1): 78-80.

成果及专利

1. 刘研萍, 王斌, 李秀金, 刘新春. 铁碳微电解—反渗透组合工艺处理煤层气产出水的方法。专利申请号, 201110365483.1
2. 刘新春, 王斌, 刘研萍, 钱智, 张洪勋, 余志晟, 琚宜文, 吴建光. 煤层气田产出水的处理方法。专利申请号, 201010606254.X

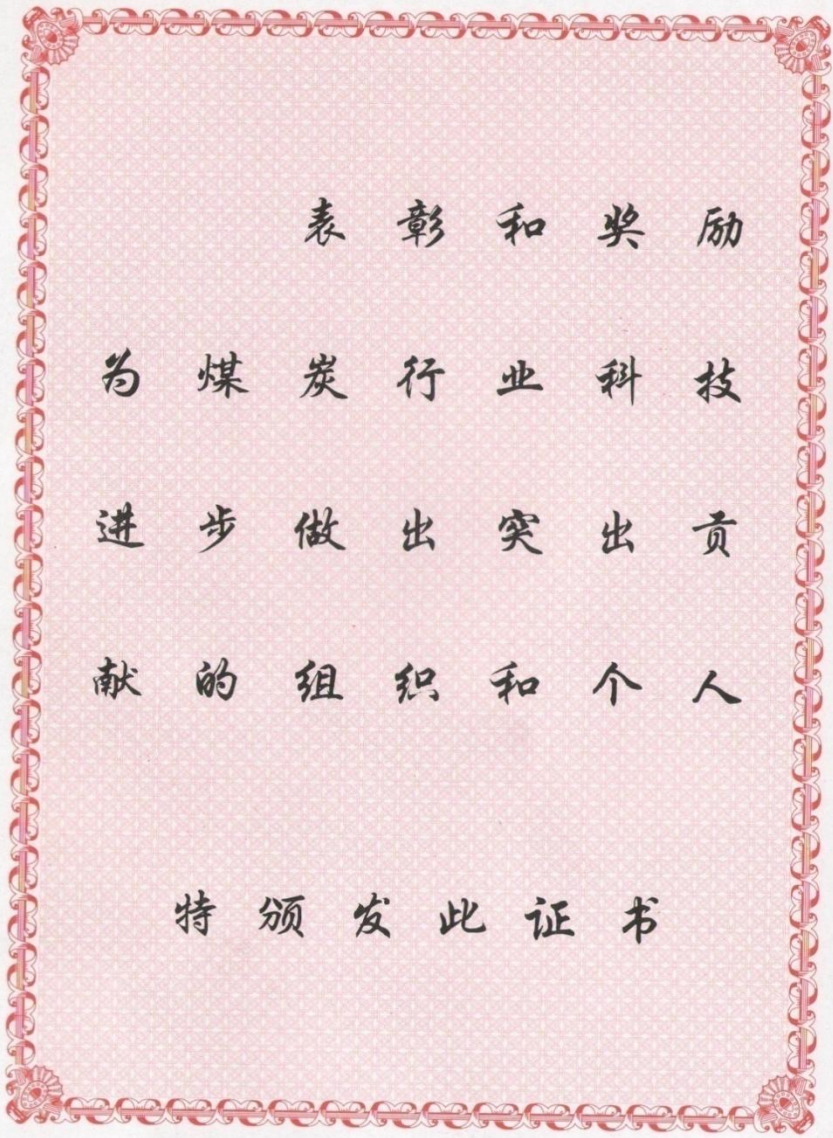


创新性与实践价值

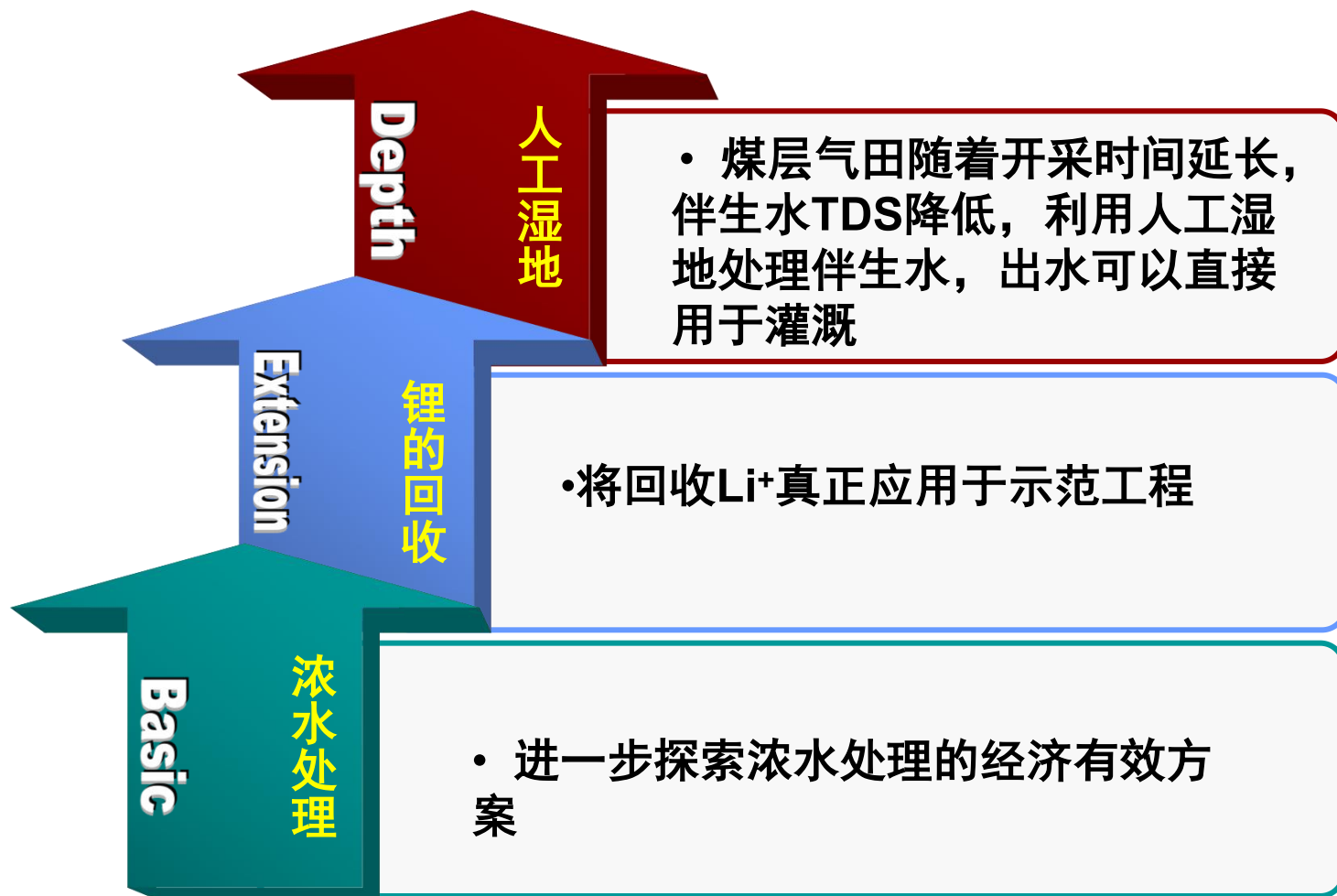
- 【一】 解决了制约多气合采行业发展的产出水处理难题
- 【二】 实现了固废资源化利用：结晶盐用作工业融雪剂
- 【三】 实现了废水的资源化利用：饮用水及生活用水
- 【四】 建立了高盐废水日处理能力50吨/天示范工程一座
- 【五】 制定《煤系地层产出水处理技术规范》一套

创新性与实践价值

www.themegallery.com



建议与展望



第二部分

垂直流人工湿地对煤层气田
产出水中氟和砷的去除研究

研究背景及意义

山西某地部分煤层气田产出水水质

	TS-006	TS-623	TS-625	TS-628
pH	8.56	8.32	8.34	8.41
F ⁻	9.48	9.36	8.54	6.25
As	未检出	0.0002	未检出	0.0002
Na	282	289	279	582
HCO ₃ ⁻	576	633	668	577
CO ₃ ²⁻	12.2	22.6	17.7	15.6
Cl ⁻	102	95.5	78.5	447
Fe	1.06	0.70	0.10	0.036
Ba	0.41	0.40	0.37	0.45

主要研究内容

- 基质的选择及吸附特性研究
- 盆栽系统对煤层气田产出水中氟和砷的去除研究
- 吸附-人工湿地装置的构建及运行

(一) 基质的选择和吸附特性研究

不同湿地基质对氟和砷的去除效果

基质	氟去除率（%）	砷去除率（%）
沸石	10.15	16.59
陶粒	5.43	1.38
砾石	3.14	3.25
石英砂	5.12	2.85
煤渣	38.09	99.98
铝矾土	16.84	21.38
硅藻土	5.25	0
粉煤灰	8.24	22.31
高岭土	5.21	19.64

（一）基质的选择和吸附特性研究

- 由于煤渣成分较为复杂，为避免其造成二次污染，因此对煤渣进行了重金属溶出试验，方法如下：向500ml锥形瓶中加入10g煤渣，250ml 山西TS-006采取的水样，在25 °C160r/min摇床中震荡，连续5天取样，实验结果见下表。

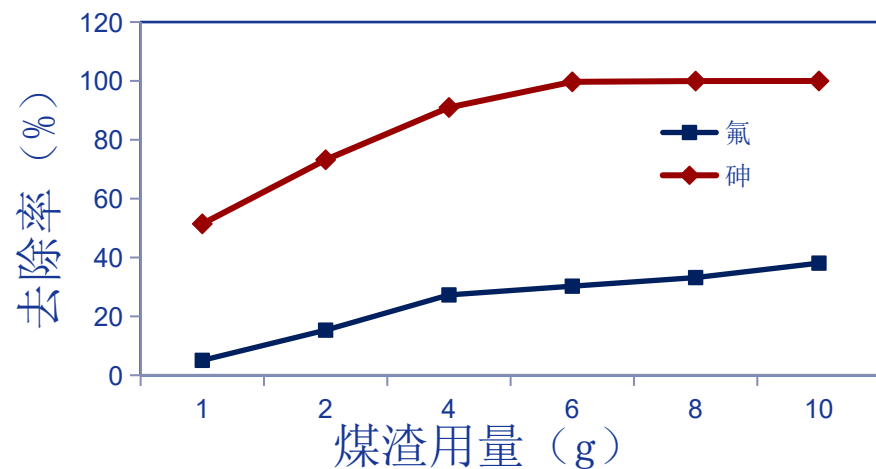
（一）基质的选择和吸附特性研究

煤渣重金属溶出表（单位：ppb）

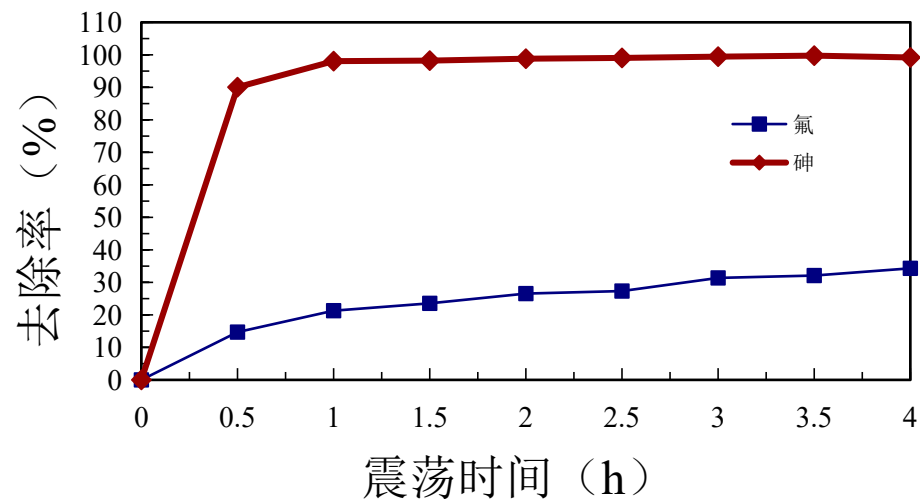
	Cr	Mn	Fe	Cu	Zn	As	Cd	Pb
第1天	1.607	4.676	202.1	0.831	0.230	46.09	0.502	<0.000
第2天	5.885	13.51	210.1	0.411	<0.000	99.27	0.497	<0.000
第3天	6.461	21.75	276.3	0.850	0.921	101.55	0.507	<0.000
第4天	7.282	14.88	181.1	1.01	<0.000	110.5	0.514	<0.000
第5天	7.562	13.35	229.7	1.11	<0.000	111.8	0.524	<0.000

(一) 基质的选择和吸附特性研究

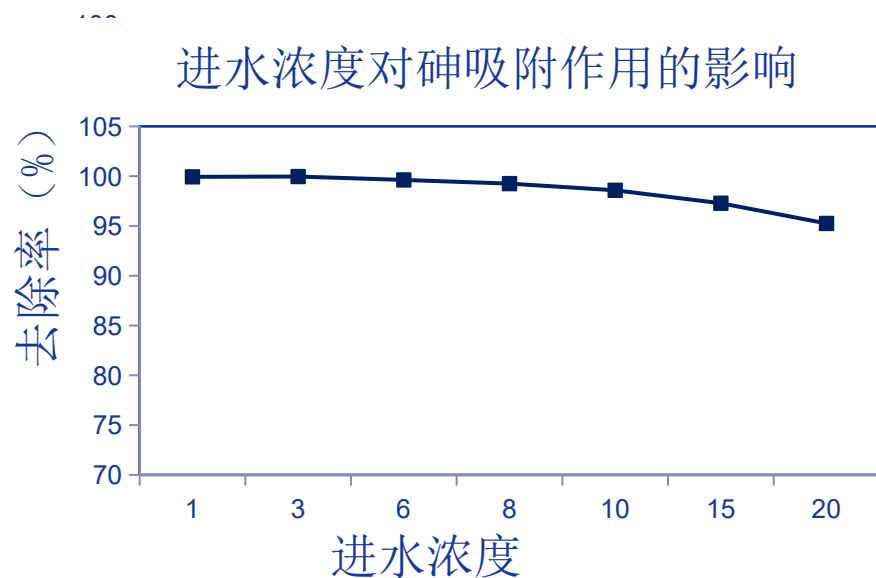
煤渣用量对氟和砷吸附作用的影响



震荡时间对氟和砷吸附作用的影响

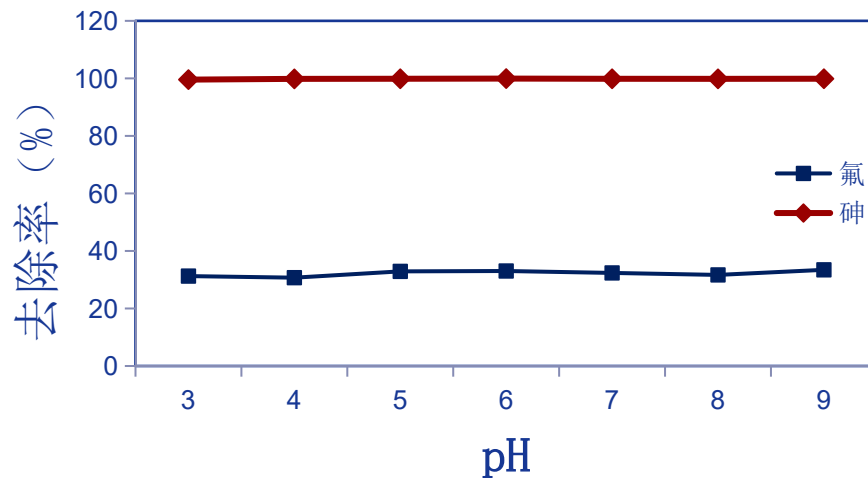


进水浓度对氟吸附作用的影响



进水浓度对砷吸附作用的影响

pH对氟和砷吸附作用的影响



(一) 基质的选择和吸附特性研究

煤渣对氟和砷的吸附动力学

	假二级反应模型			颗粒内扩散模型	
	K_2 (g/ (mg·h))	Q_{e2} (mg/g)	R^2	K_p (mg/ (g·h ^{1/2}))	R^2
氟	5.248	0.064	0.9560	0.0111	0.9882
砷	0.421	0.506	0.9999	0.0125	0.5280

(一) 基质的选择和吸附特性研究

煤渣对氟和砷的吸附等温线

	Langmuir			Freundlich		
	$q_0(\text{mg/g})$	$K_L(\text{L/mg})$	R^2	$K_L(\text{L/mg})$	$1/n$	R^2
氟 (200–500mg/L)	7.251	0.080	0.9837	0.906	2.284	0.6783
砷	0.518	0.979	0.9842	0.202	0.368	0.9336

煤渣对氟的吸附等温线

煤渣对砷的吸附等温线

(二) 盆栽系统对煤层气田产出水中氟和砷的去除研究

- ❖ 盆栽植物系统：基质主要有4层，第一层为土壤层，12cm；第二层为土壤与细煤渣（粒径<3mm）以2:1混合，10cm；第三层为粗煤渣（粒径为3-10mm），8cm；最底层为粒径15-25cm鹅卵石，10cm；基质总厚度为40cm。
- ❖ 种植植物两种：美人蕉、黄菖蒲；
- ❖ 控制水利停留时间分别为1天、2天和3天；
- ❖ 进水中F⁻浓度为10mg/L，砷浓度为1mg/L，处理水量为每次15L。

（二）盆栽系统对煤层气田产出水中氟和砷的去除研究



共运行2个月的时间，
获得15个周期的数据



(二) 盆栽系统对煤层气田产出水中氟和砷的去除研究

不同植物盆栽系统对氟和砷的去除的差异显著性

	去除率平均值(%)		差异显著性	
	氟	砷	氟	砷
美人蕉	79.91±9.66	95.44±1.55	a	b
黄菖蒲	79.04±8.36	96.82±0.78	a	a
空白	53.17±14.16	90.41±2.26	b	c

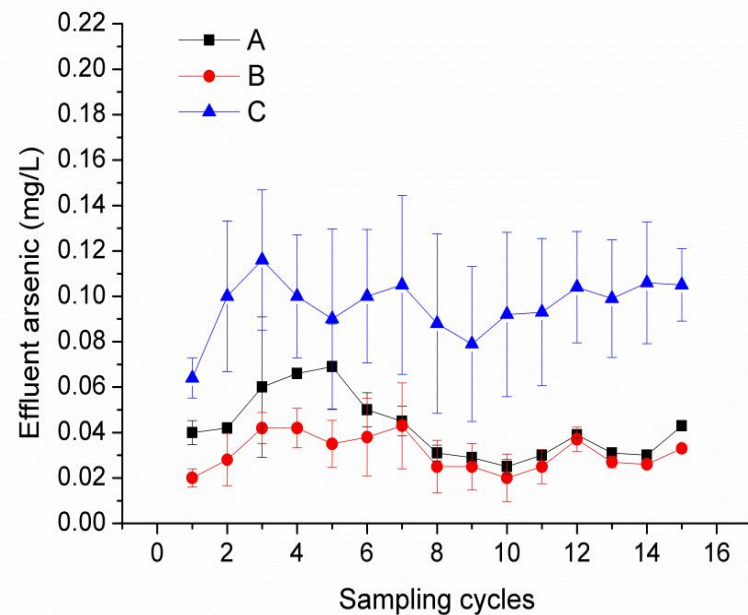
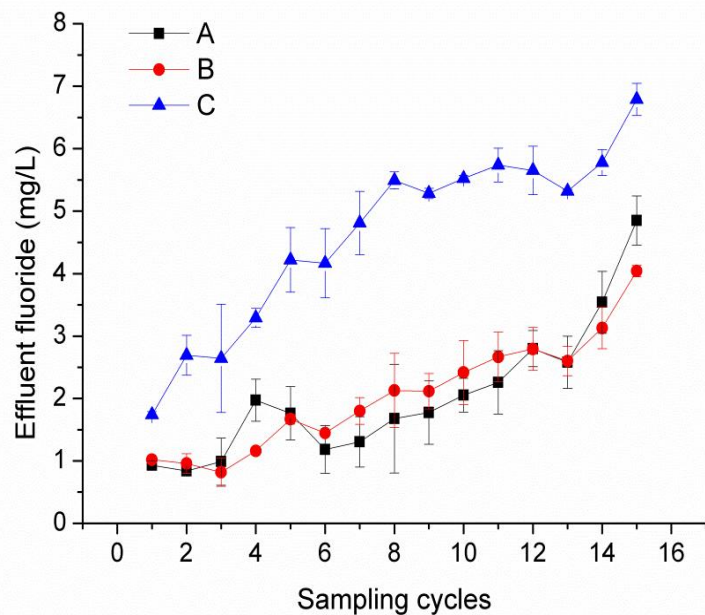
(二) 盆栽系统对煤层气田产出水中氟和砷的去除研究

不同水利停留时间对氟和砷的去除的差异显著性

	去除率平均值(%)		差异显著性	
	氟	砷	氟	砷
1天	71.18±16.45	93.89±3.36	a	b
2天	70.88±16.47	94.16±3.25	a	ab
3天	70.07±17.12	94.22±3.21	a	a

(二) 盆栽系统对煤层气田产出水中氟和砷的去除研究

水力停留时间为3天时各植物系统中氟和砷的出水浓度

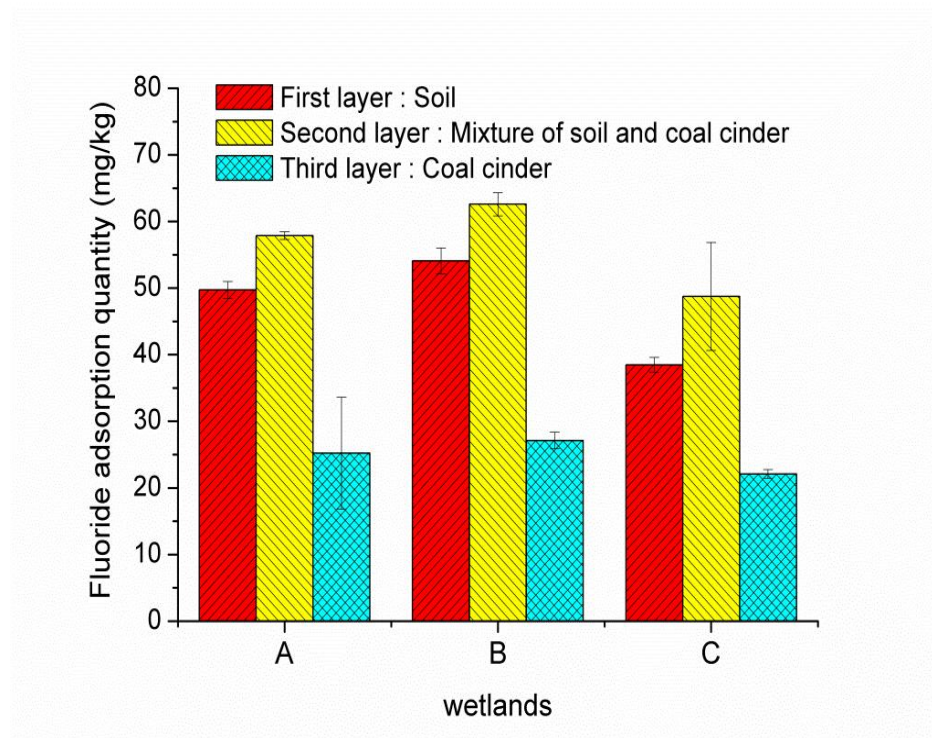


水力停留时间为3天时氟的出水浓度

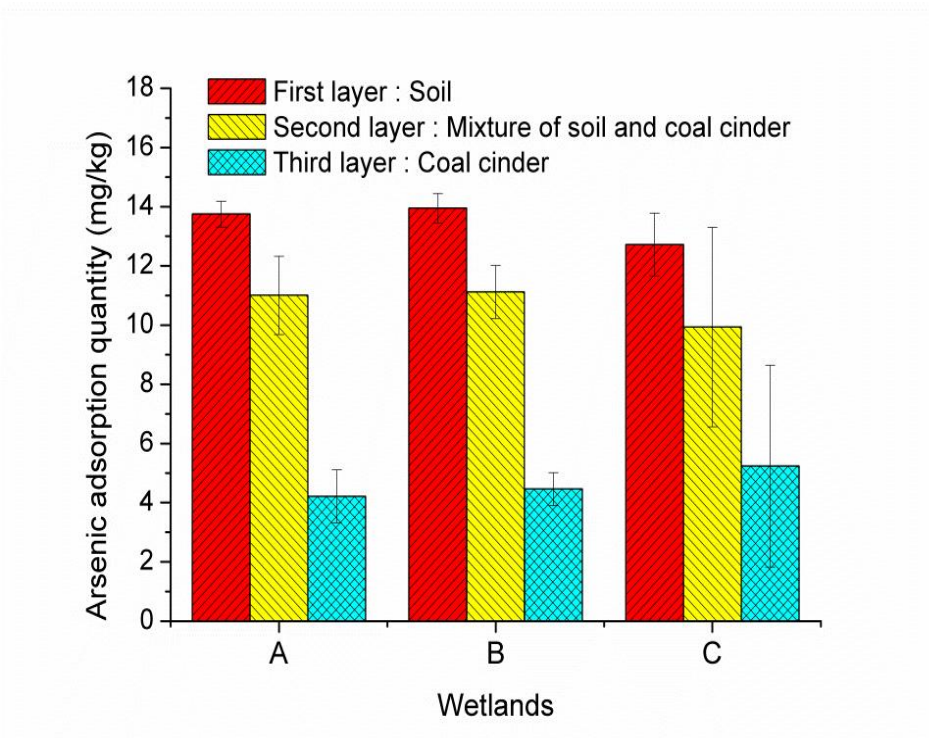
水力停留时间为3天时砷的出水浓度

(二) 盆栽系统对煤层气田产出水中氟和砷的去除研究

氟和砷在植物和基质中的累积



基质对氟的吸附

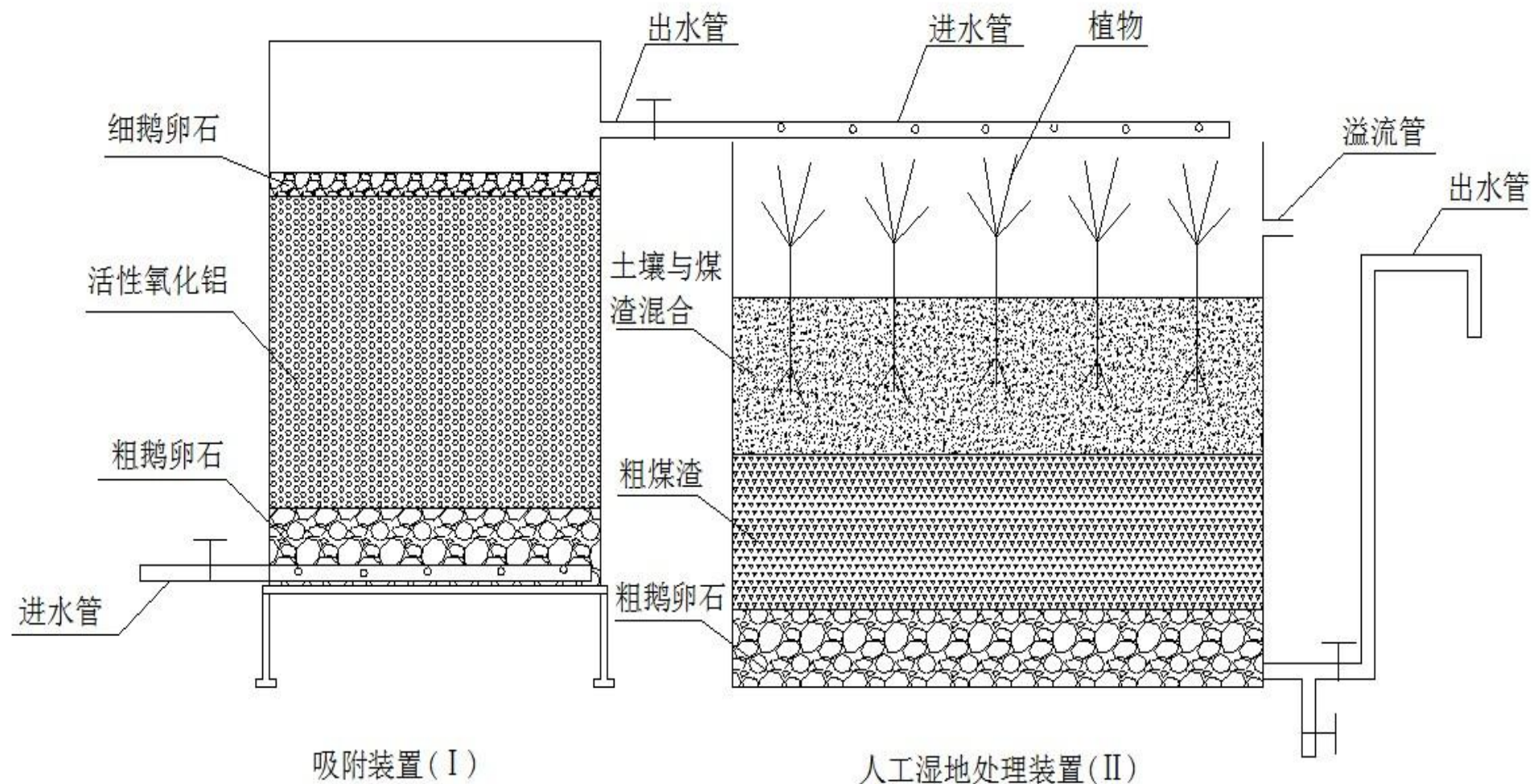


基质对氟和砷的吸附

(三) 吸附-人工湿地装置的构建及运行

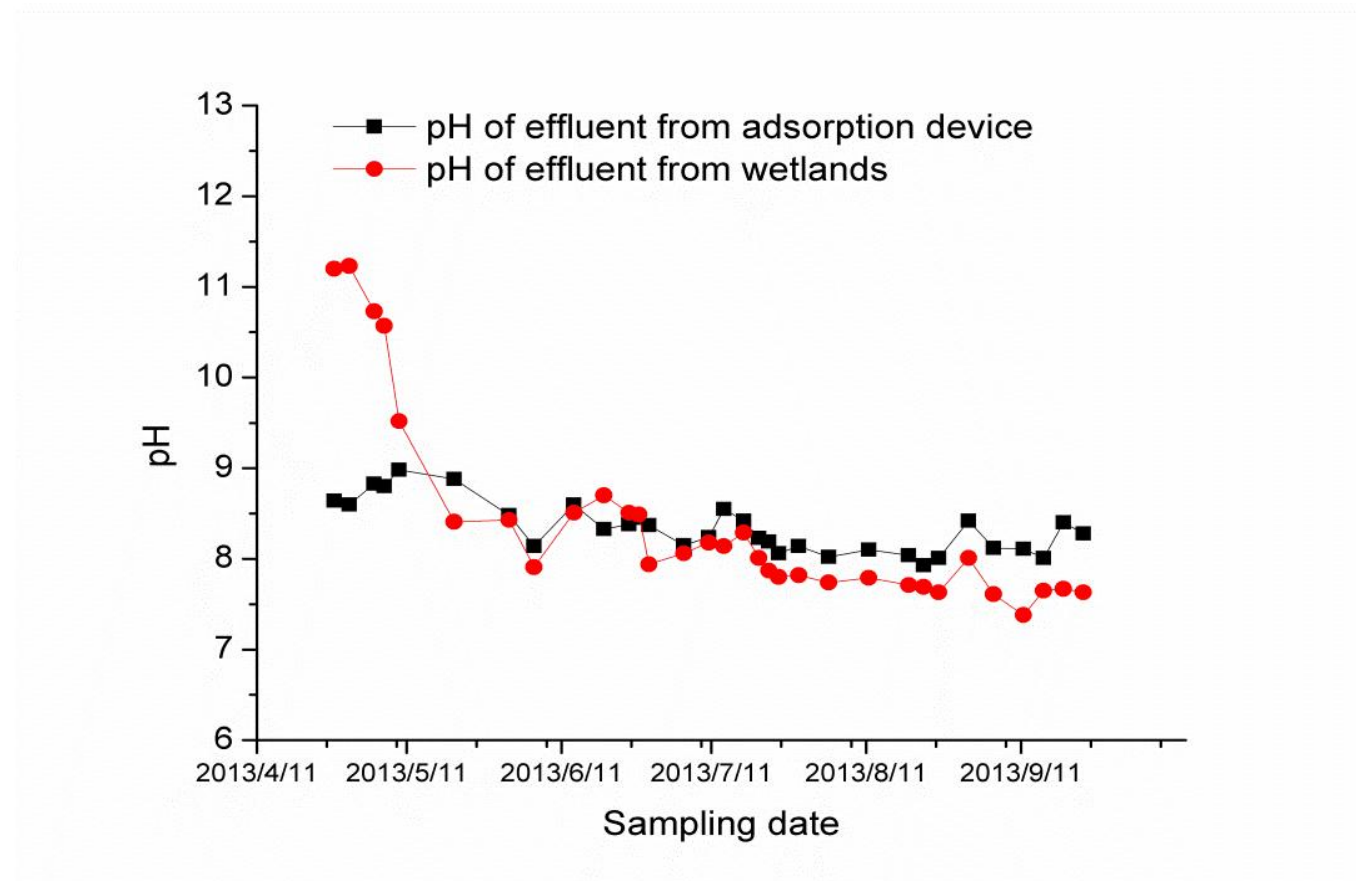
- 吸附装置吸附剂为活性氧化铝
- 基质主要有3层，第一层为土壤与细煤渣（粒径 $<3\text{mm}$ ）以2:1混合，20cm；第二层为粗煤渣（粒径为3-10mm），20cm；最底层为粒径15-25cm鹅卵石，10cm；基质总厚度为50cm。
- 种植植物：黄菖蒲；
- 水利停留时间：2天；
- 进水中F⁻浓度为15mg/L，砷浓度为2mg/L，处理水量为每天45L左右。

(三) 吸附-人工湿地装置的构建及运行



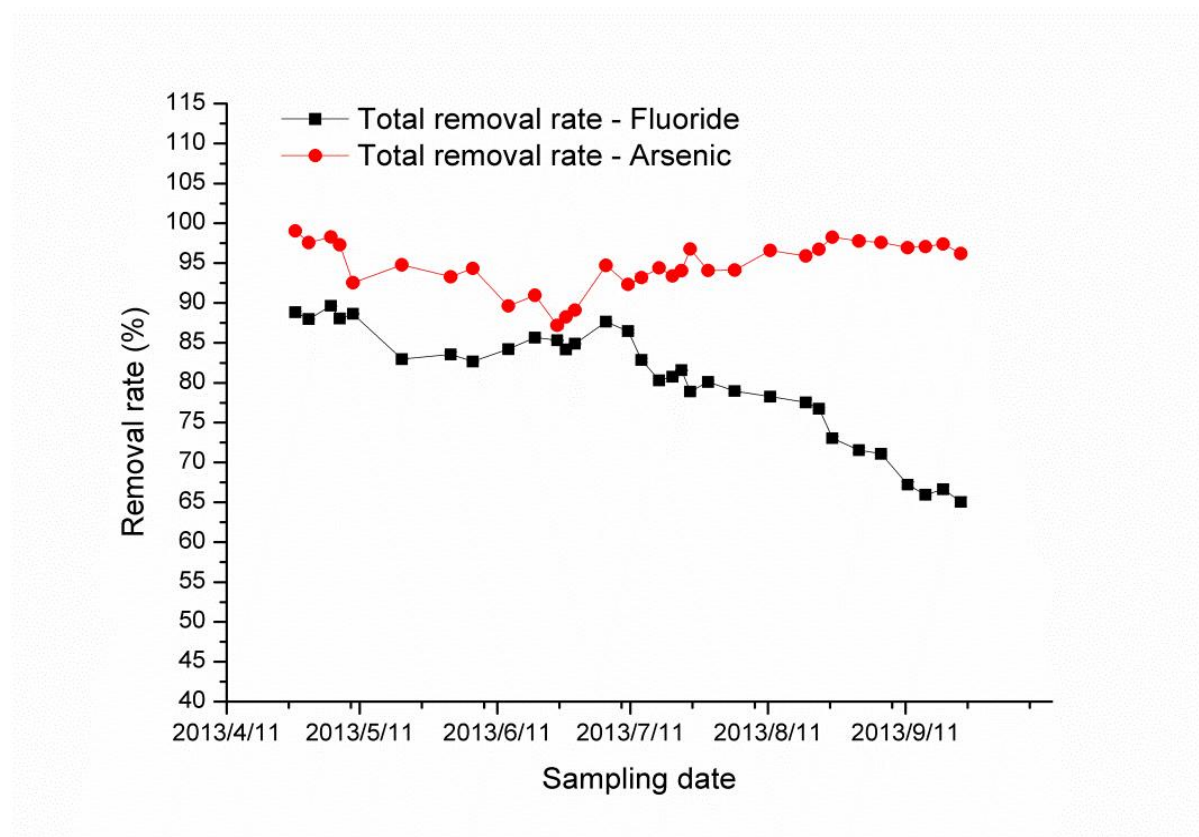


(三) 吸附-人工湿地装置的构建及运行



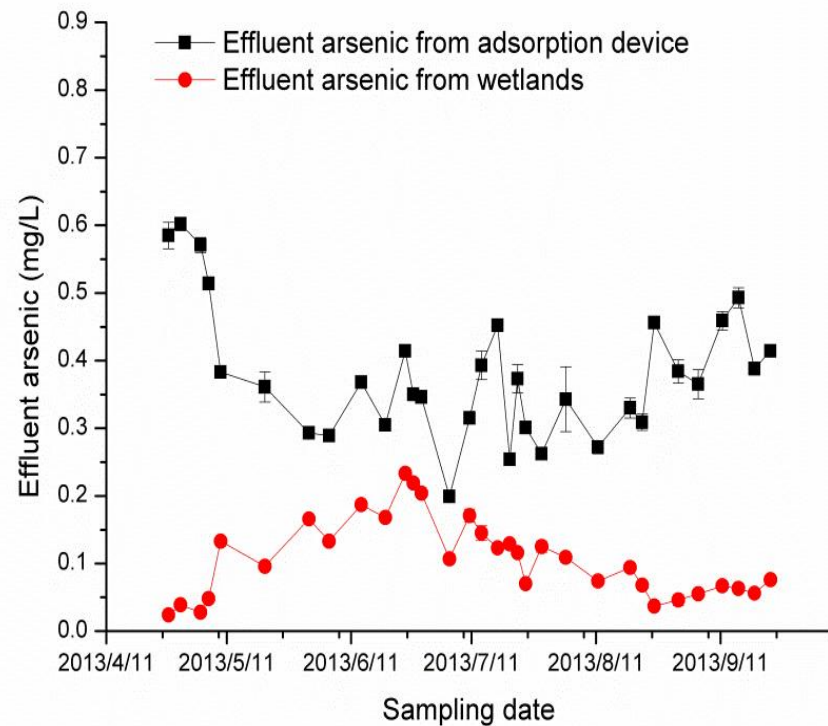
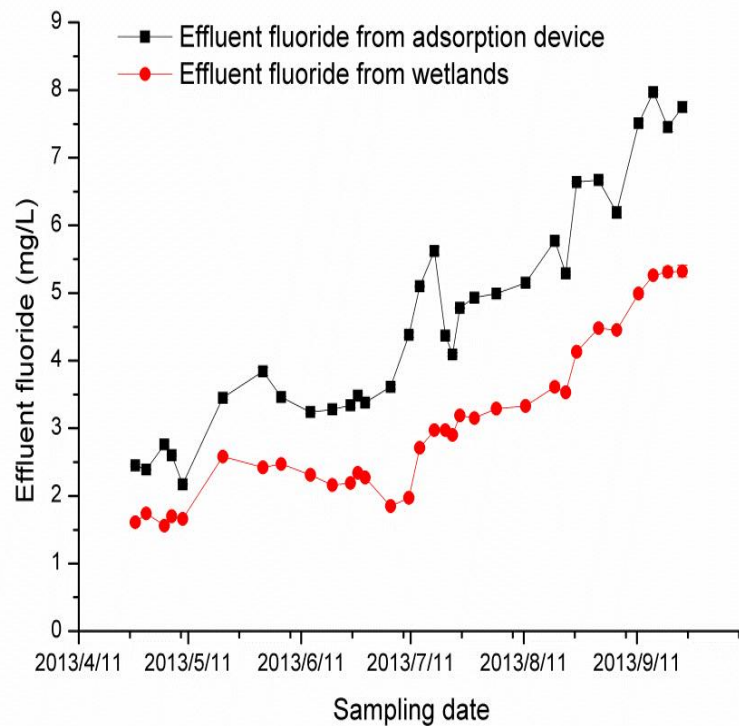
吸附池及人工湿地出水pH

(三) 吸附-人工湿地装置的构建及运行



吸附-人工湿地污水处理系统对氟和砷的去除效果

(三) 吸附-人工湿地装置的构建及运行

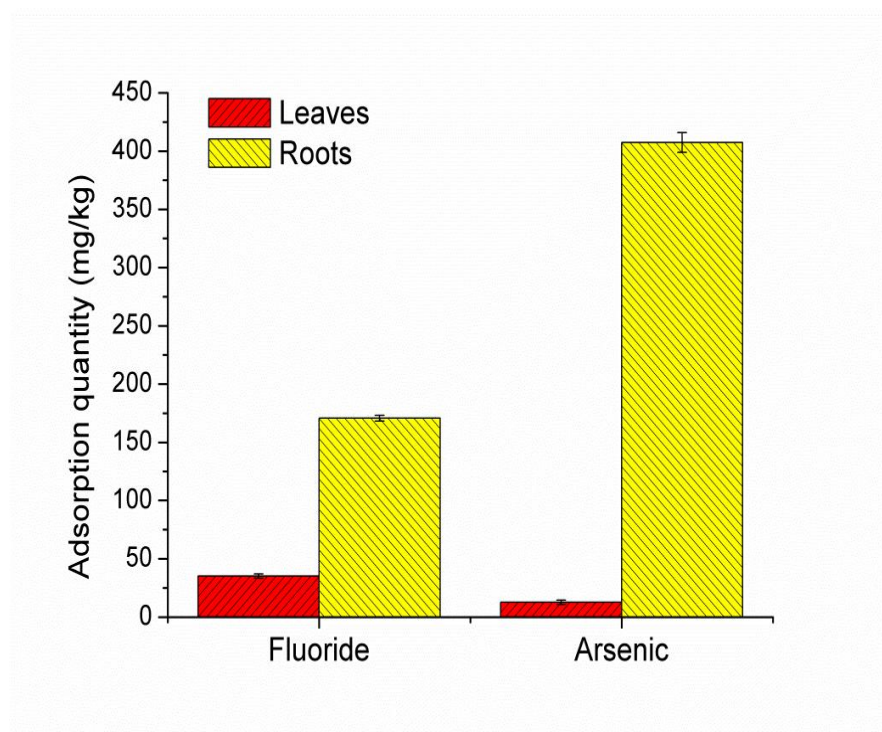


吸附-人工湿地污水处理系统氟出水浓度

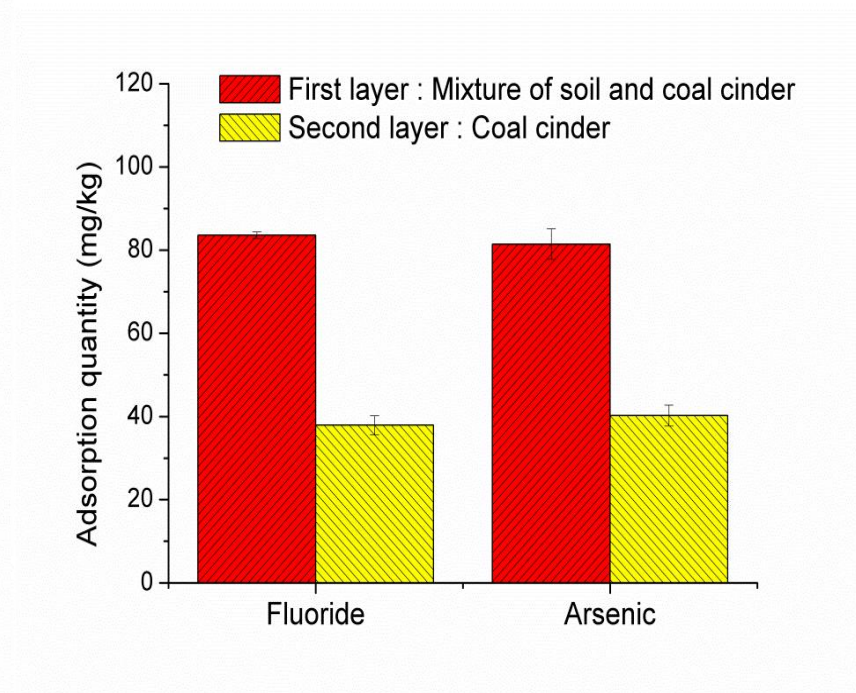
吸附-人工湿地污水处理系统砷出水浓度

(三) 吸附-人工湿地装置的构建及运行

氟和砷在植物和基质中的累积



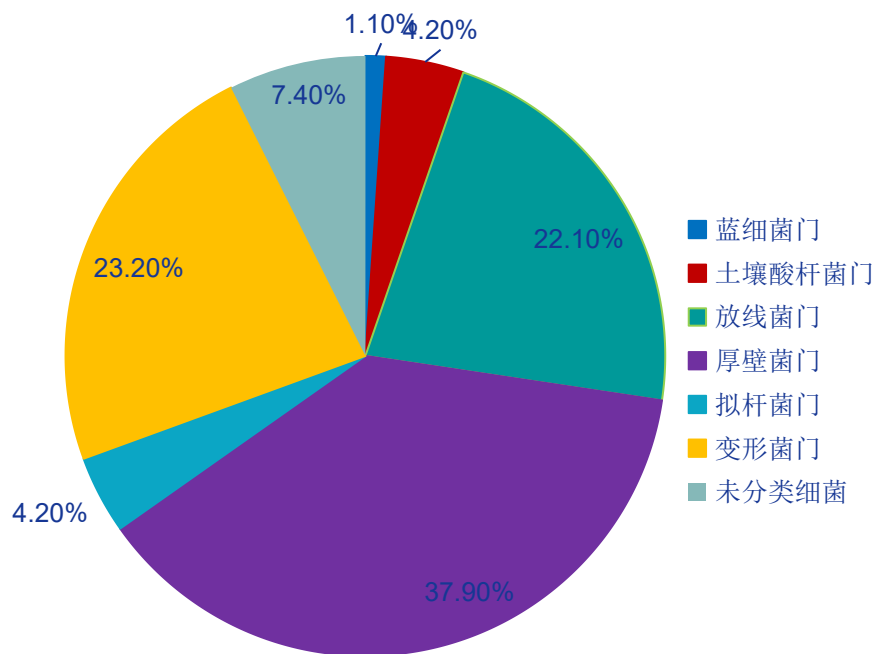
植物中氟和砷的累积



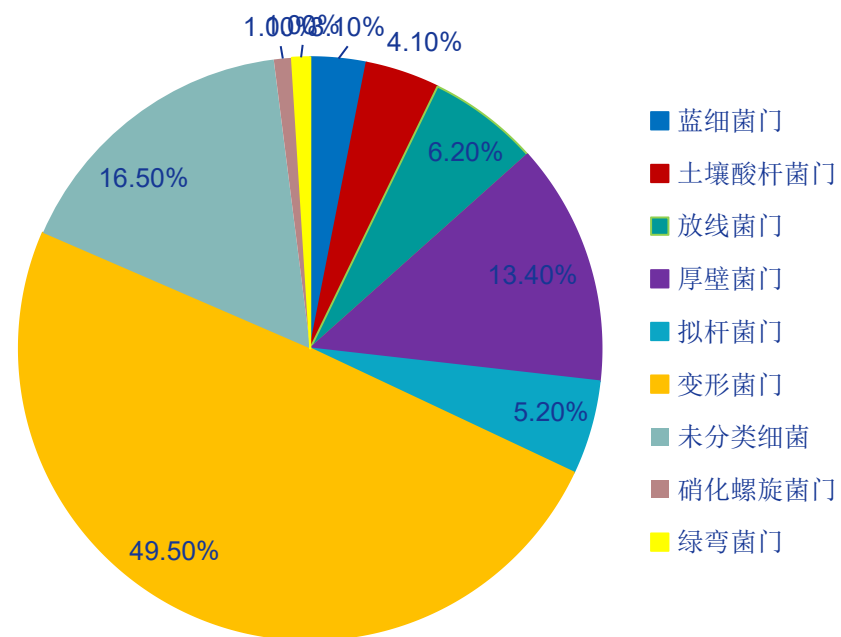
基质中氟和砷的累积

(三) 吸附-人工湿地装置的构建及运行

人工湿地上层基质中微生物群落变化



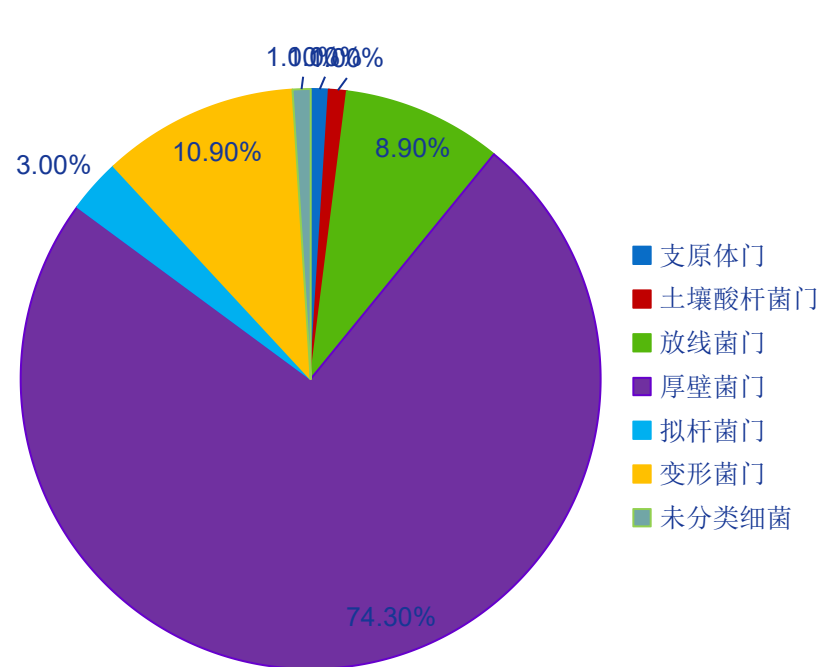
装置运行初上层基质



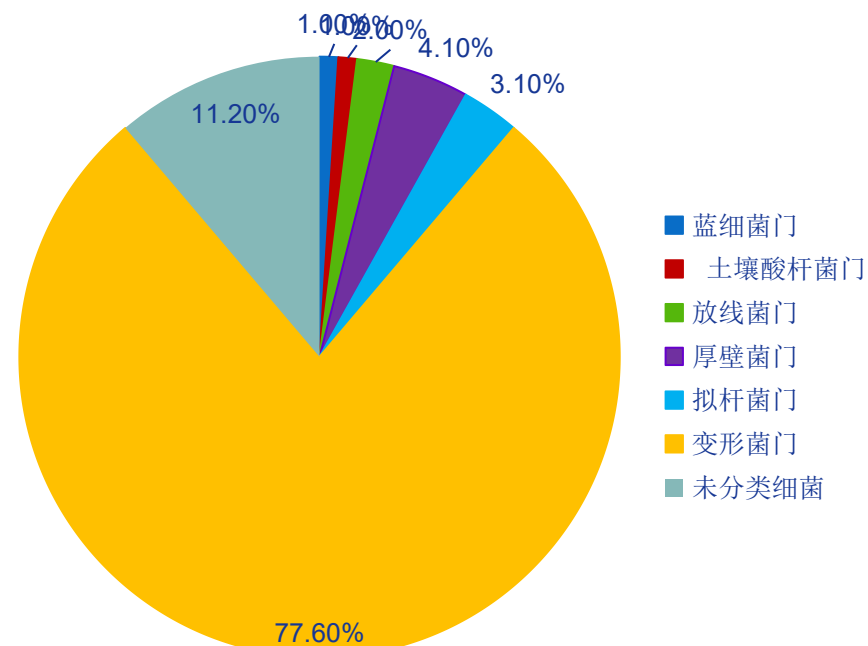
装置运行5个月后上层基质

(三) 吸附-人工湿地装置的构建及运行

人工湿地上层基质中微生物群落变化



装置运行初下层基质

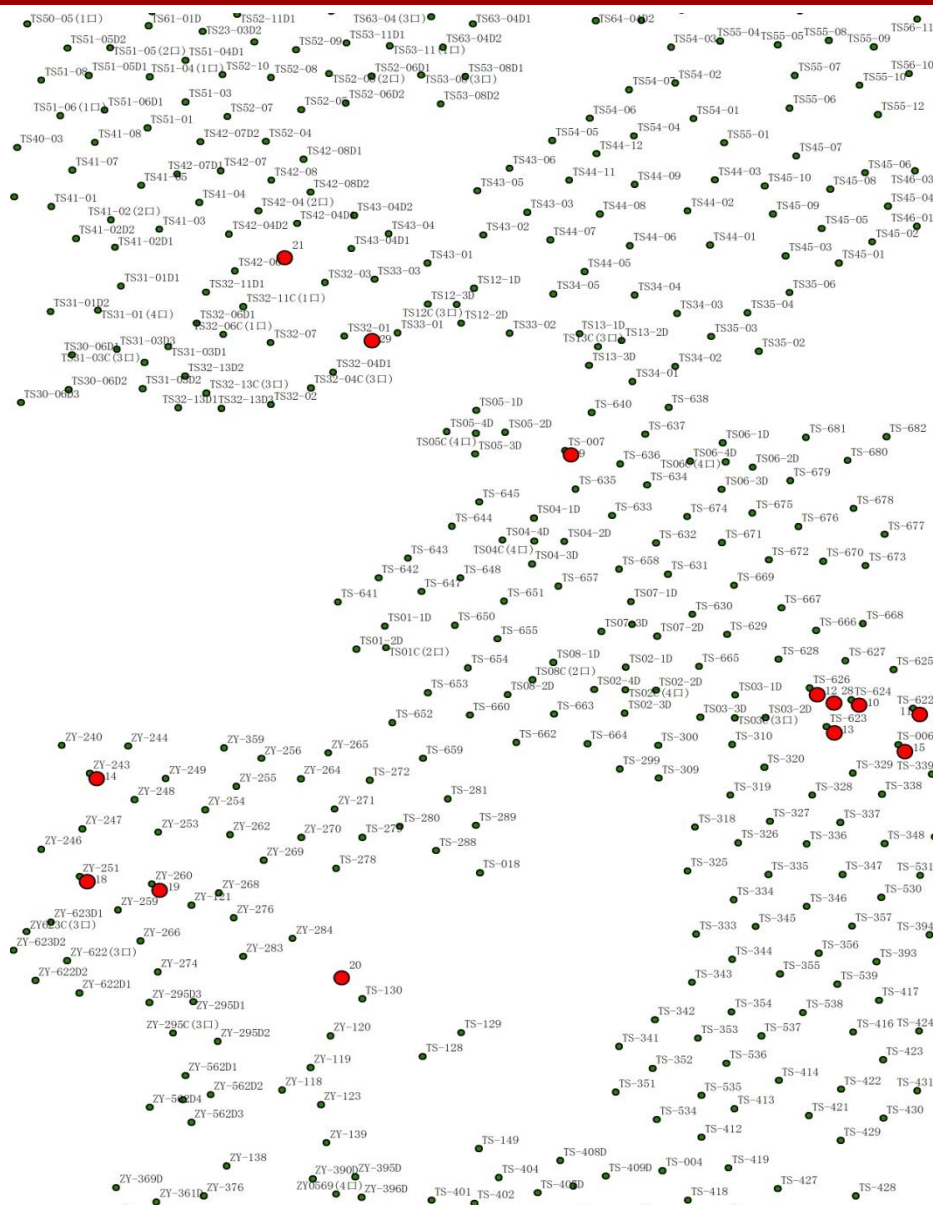


装置运行5个月后下层基质

（四） 完成了现场施工方案-选址与区位分布图

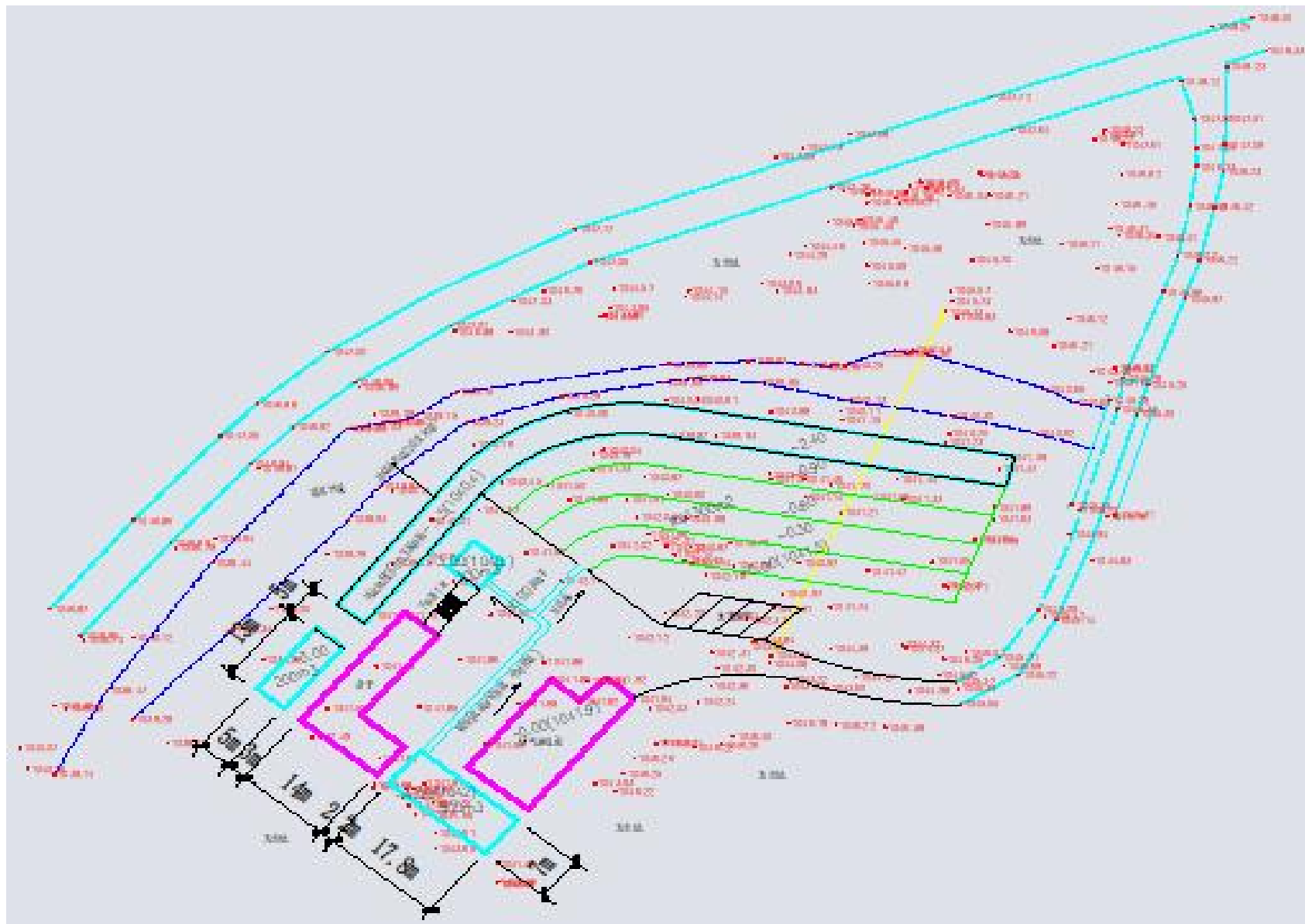
- ❖ 示范工程选址：初步定为TS99-02D）井，沁水盆地南以西，主要针对刚开采不久还未大规模产气且水量足的水井，和运水车从井场运出的水。
- ❖ 植物选择：本地草种和外地购买草种相结合进行。

（四） 完成了现场施工方案-选址与区位分布图

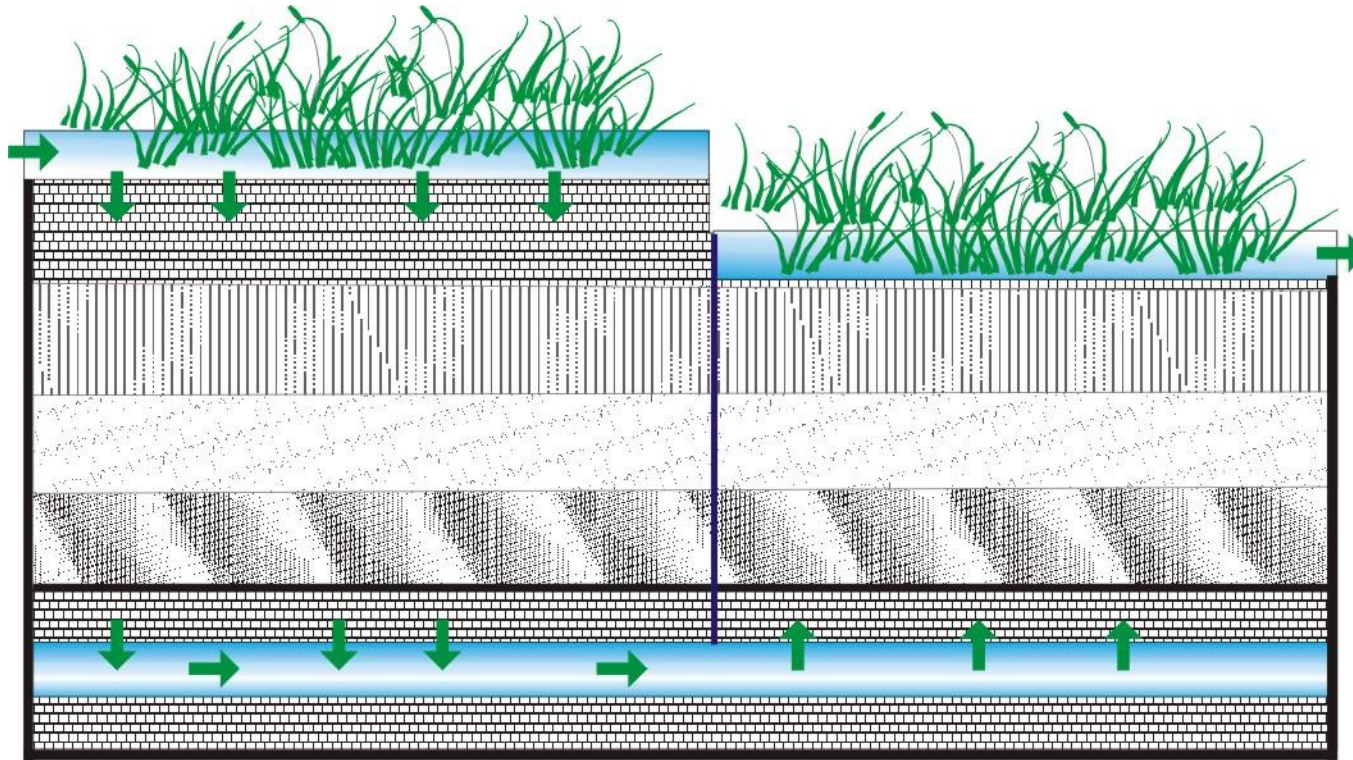


TS99-02D

(四) 完成了现场施工方案-选址与区位分布图

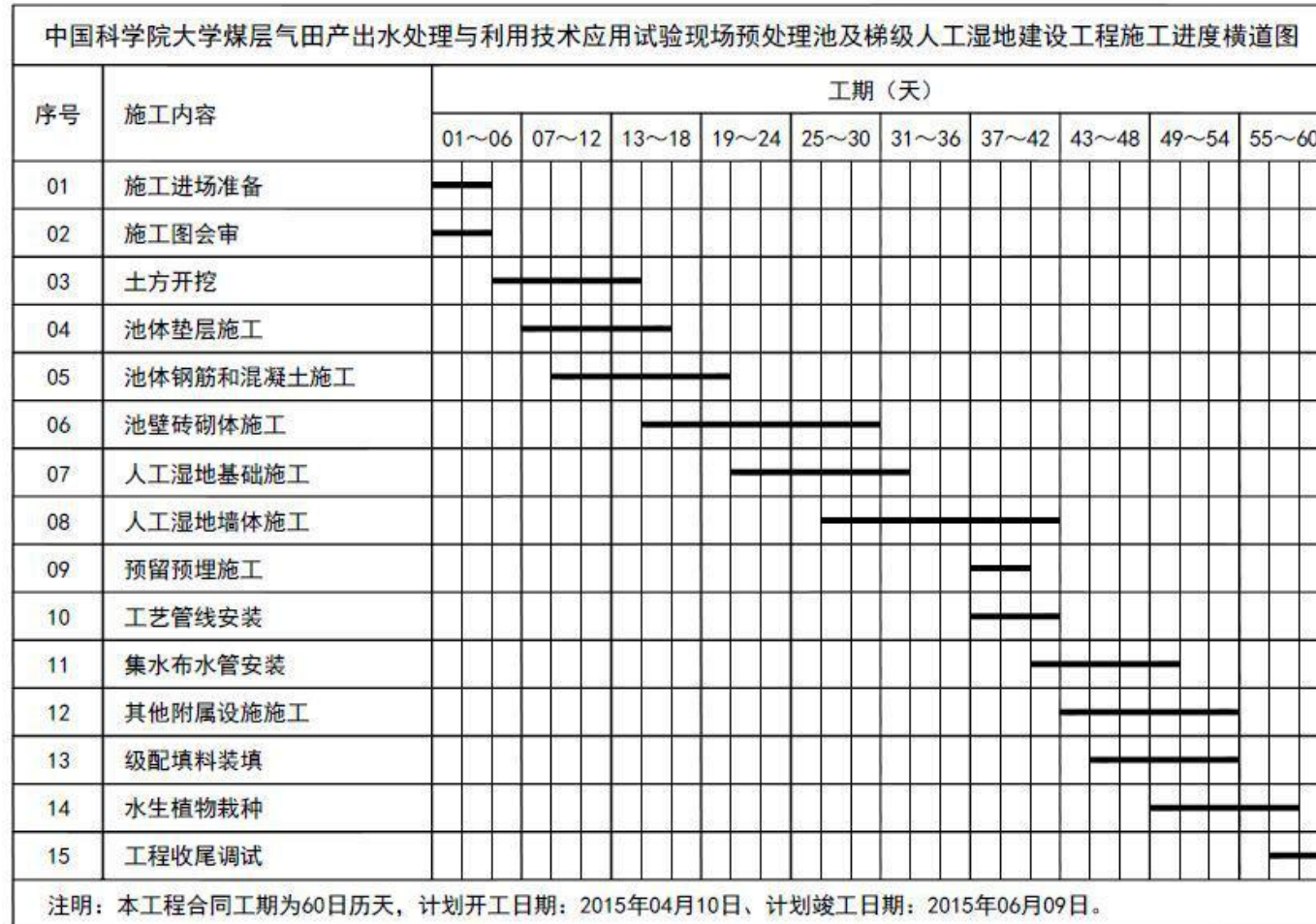


湿地建设



- 基质组成由下至上依次是碎石，砾石，煤渣加米石
- 水力负荷**25-33cm/d**;
- 水力停留时间**12h**;
- 湿地植物选择美人蕉、鸢尾、浮萍、再力花等，种植密度**12株/平米**。

工程进展



本工程实际开工于**2015年4月26日**开工，包括场地平整、钢筋混凝土浇筑、湿地边墙砌筑、填料填充、管道敷设和植物种植等子项。整个工程建设历时**43**个日历天，累计运行**5**个多月。

工程用料量

- (1) C25混凝土75m³;
- (2) 砌体砖35000块;
- (3) 水泥15吨;
- (4) 砂60m³;
- (5) PVC管: Φ 110PVC管180m, Φ 50PVC管410m;
- (6) PVC配件;
- (7) 钢筋7吨;
- (8) 湿地填料: 粒径1-1.5cm混合填料合计166.5m³, 粒径0.5-0.8cm小粒径填料合计71.3m³, 种植土合计40.2m³;
- (9) 植物: 美人蕉10000株, 鸢尾1500株, 再力花1000株, 睡莲1000株。

工程量

- (1) 本湿地总面积约为 1000m^2 ;
- (2) 湿地边墙总长度 319.7m , 边墙采用24墙砌筑60cm高;
- (3) 边墙防水采用两次砂浆抹灰, 抹灰面积 268.6m^2 ;
- (4) 湿地填料: 粒径1-1.5cm混合填料合计 166.4m^3 , 粒径0.5-0.8cm小粒径填料合计 71.3m^3 , 种植土合计 40.2m^3 ;
- (5) 湿地植物面积 837m^2 ;
- (6) 预处理池 100^3 。

现场施工图



预处理池现场图

湿地现场图



植物花色



示范工程建设

- 已建成物化处理+生态处理的湿地系统1座，日处理水规模达到500吨/天
- 系统出水达到《农田灌溉水质标准》（GB5084-2005）和《煤炭工业污染物排放标准》（GB20426-2006）

湿地运行两月后的水质数据

序号	检测项目类别	处理后检测结果	农田灌溉旱作标准
1	五日生化需氧量/(mg/L)	6.5	100
2	化学需氧量/(mg/L)	36.6	200
3	悬浮物/(mg/L)	8	100
4	阴离子表面活性剂/(mg/L)	<0.05	8
5	水温/℃	24.5	35
6	pH	7.79	5.5-8.5
7	全盐量/(mg/L)	711	1000
8	氯化物/(mg/L)	70.96	350
9	硫化物/(mg/L)	0.01	1
10	总汞/(mg/L)	0	0.001
11	镉/(mg/L)	0	0.01
12	总砷/(mg/L)	<0.007	0.1
13	铬（六价）/(mg/L)	<0.004	0.1
14	铅/(mg/L)	0.0012	0.2
15	粪大肠菌群数/(个/mL)	<2	4000
16	蛔虫卵数/(个/L)	0	2
17	铜/(mg/L)	0.0033	1
18	锌/(mg/L)	0.0001	2
19	硒/(mg/L)	<0.00025	0.02
20	氟化物/(mg/L)	0.88	2
21	氰化物/(mg/L)	<0.25	0.5
22	石油类/(mg/L)	<0.01	10
23	挥发酚/(mg/L)	0.0064	1
24	苯/(mg/L)	<0.020	2.5
25	三氯乙醛/(mg/L)	<0.08	0.5
26	丙烯醛/(mg/L)	<0.019	0.5
27	硼/(mg/L)	0.06	1

主要创新点

- (1)提出了将湿地技术与物化预处理技术相结合的煤层气产出水处理模式，有效地解决了煤层气产出水水质复杂多变和所处环境气候寒冷恶劣的问题，这不仅在煤层气产出水处理方面是首次提出和应用，而且对于湿地技术改进也是一个创新亮点；
- (2)首次提出将湿地垂直复合流技术、表面流技术和梯级湿地建设技术相结合的湿地构造新模式，从而有效地延长了产出水处理的水力停留时间（即**HRT**），提高了水处理效率，并获得了较好的景观效果。

科研成果

发表论文

- 1、李娟，刘新春*，余志晟，易鑫，琚宜文，煤渣吸附水中氟和砷的研究，中国科学院大学学报，2014，（04）：471-476。
- 2、Li Juan, Liu Xinchun, Yu Zhisheng, Yi Xin, Huang Jing, Ju Yiwen. Removal of fluoride and arsenic by pilot vertical-flow constructed wetlands using soil and Coal cinder as substrate 。Water science and technology. 2014,70(4),620-626.

专利：

- 1、刘新春，李娟，吴建光，孙晗森，余志晟，琚宜文，张平，熊德华，张洪勋。一种新型砷吸附材料，专利申请号：201310131920.2。
- 2、刘新春，李娟，琚宜文，余志晟，吴建光，张平，易鑫。一种强化处理氟和砷污染水的物化-人工湿地组合工艺，专利申请号：201410016621.9。

同行评价

- ❖ 发表在国际水协IWA旗下Water science and technology等国际著名期刊上，受到国际同行的高度评价。
- ❖ 同行评价： We found your article **very innovative & interesting** and we **value your contribution**. The time and attention you devoted to presenting a realistic and pragmatic manuscript is really appreciable.---
Ellen Spencer

创新性与实践价值



中华人民共和国国家知识产权局

100049

北京市石景山区玉泉路 19 号（甲）中国科学院大学资源与环境学院
刘新春

发文日：

2014 年 01 月 15 日



申请号：201410016621.9

发文序号：2014011500722030

申请人：中国科学院大学, 中联煤层气有限责任公司

发明创造名称：一种强化处理氟和砷污染物的物化-人工湿地组合工艺

缴纳申请费通知书

根据专利法实施细则第 95 条及国家知识产权局第 75 号公告的规定，申请人应当于 2014 年 03 月 17 日之前缴纳以下费用：

申请费：900 元 公布印刷费：50 元 权利要求附加费：0 元 说明书附加费：0 元 优先权要求费：0 元
共计：950 元

提示：

1. 优先权要求费未缴纳或未缴足的视为未要求优先权。其他费用期满未缴纳或者未缴足的，该专利申请将被视为撤回。
2. 费用可以直接到国家知识产权局缴纳，也可以通过邮局或者银行汇付。如通过邮局汇付，收款人姓名：国家知识产权局专利局收费处；商户客户号：110000860。如通过银行汇付，开户银行：中信银行北京知春路支行；户名：中华人民共和国国家知识产权局专利局；账号：7111710182600166032。
汇款时应当准确写明申请号、费用名称（或简称）及分项金额。未写明申请号和费用名称（或简称）的视为未办理缴费手续。
3. 根据专利法实施细则第 5 条的规定，各种期限的第 1 日不计算在期限内。期限以年或者月计算的，以其最后 1 月的相应日为期限届满日；该月无相应日的，以该月最后 1 日为期限届满日。期限届满日是法定休假日的，以休假日后的第 1 个工作日为期限届满日。

审查员：刘思奇

审查部门：专利局初审及流程管理部

联系电话：010-82612006-332

200103
2010.4

纸件申请，回函请寄：100088 北京市海淀区前门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
电子申请，应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外，以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。



中华人民共和国国家知识产权局

100049

北京市石景山区玉泉路 19 号（甲）中国科学院大学资源与环境学院
刘新春

发文日：

2013 年 04 月 17 日



申请号：201310131920.2

发文序号：2013041700749440

专利申请受理通知书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定，申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下：

申请号：201310131920.2
申请日：2013 年 04 月 17 日
申请人：中国科学院大学, 中联煤层气有限责任公司
发明创造名称：一种新型砷吸附材料
经核实，国家知识产权局确认收到文件如下：
发明专利请求书 1 份 2 页；说明书摘要 1 份 1 页；
权利要求书 1 份 1 页 2 项；说明书 1 份 2 页；

提示：

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后，认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时，可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后，再向国家知识产权局办理各种手续时，均应当准确、清晰地写明申请号。

审查员：秦硕

审查部门：专利局初审及流程管理部

联系电话：

代理机构卷宗号：

200101
2010.2

纸件申请，回函请寄：100088 北京市海淀区前门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
电子申请，应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外，以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。

科研团队





刘新春 教授
博士生导师
xcliu@ucas.ac.cn
18611381516

THANKS



中国科学院大学
University of Chinese Academy of Sciences

