

活性污泥磁化调理-电脱水性能与过程机制研究

研究生姓名：钱旭；导师姓名：王毅力



研究背景

1. 市政及工业污水处理厂因污水处理和净化而产生的污泥量迅速攀升，已成为主要的社会问题之一。
2. 不同种类的污泥均有含水量极高（ $\geq 95\%$ ）的共性，污泥颗粒微小，难以压缩，脱水性能差，泥水分离困难，使后续的处理处置难度加大。
3. 污泥后续处置成本已占据了污水处理厂运营成本的30%到50%。
4. 电脱水技术能使含水率持续降低（含水率80%至85%的污泥经过电脱水后含水率可降到60%），操作稳定和实用价值大，有望成为污泥安全、高效、经济的实施方案之一。
5. 作为一种近年来备受关注的调理技术，磁化调理与电脱水结合进行的实践还很少，其工艺效果和过程机制尚不明确。

研究方法

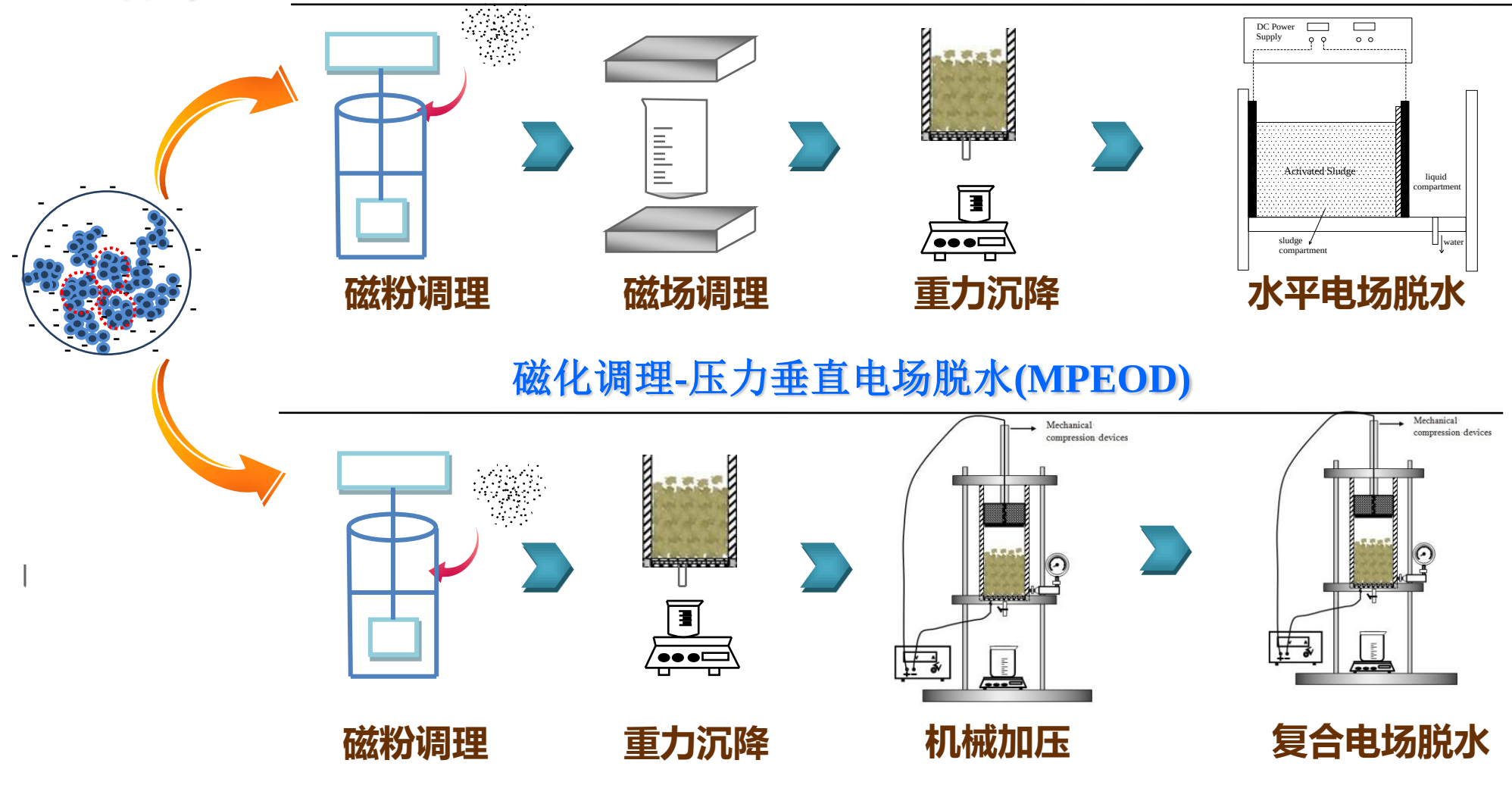
活性污泥

表1 活性污泥基本性质

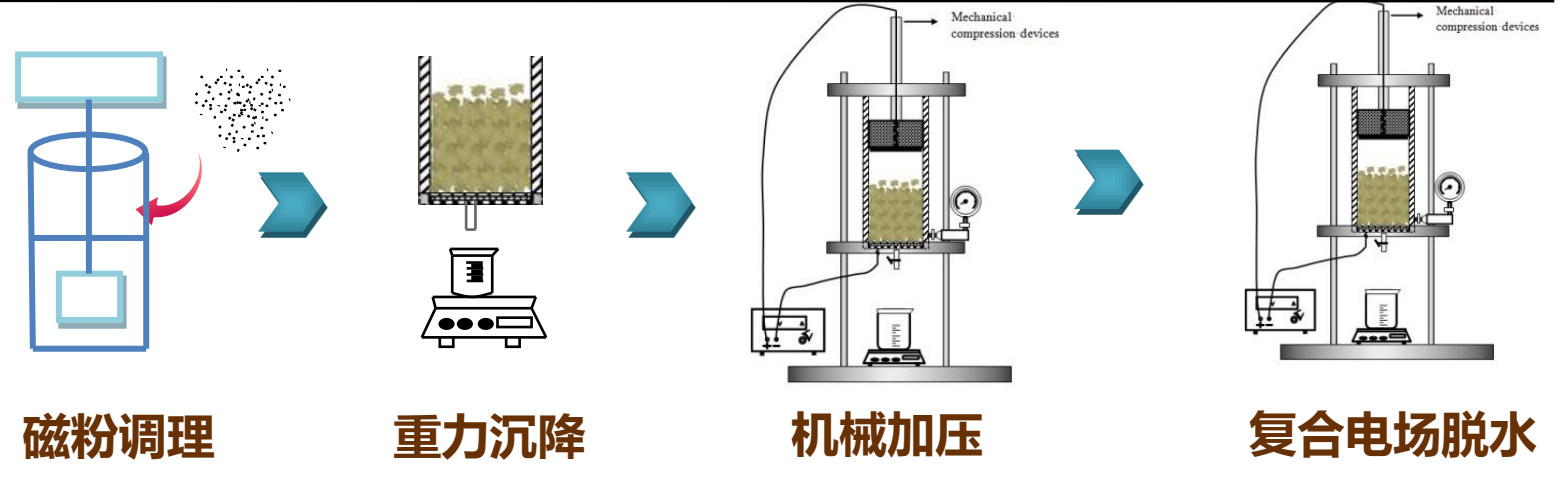
TSS (g/L)	VSS (g/L)	VSS/TSS (%)	CST (s)	pH	电导率 (mS/cm)	含水率 (%)
5.92 ± 0.32	3.58 ± 0.33	60.49 ± 0.02	22.17 ± 0.31	6.52 ± 0	1.53 ± 0.01	99.36 ± 0.03
6.83 ± 0.21	3.53 ± 0.11	66.42 ± 0.02	16.85 ± 1.50	6.53 ± 0.01	1.54 ± 0	99.47 ± 0.05

工艺流程

磁化调理-水平电场脱水(CM-HED)



磁化调理-压力垂直电场脱水(MPEOD)



研究内容

反应器设计与制作

磁化调理参数确定

工艺操作条件优化

脱水效果评价

脱水过程机制研究

- 水分迁移及分布
- 有机物迁移及分布
- 污泥形貌结构

分析测试方法

脱水效果

- ✓ 含水率(MC)
- ✓ 脱水率(PRW)

操作参数优化

- ✓ 响应曲面法(RSM)
- Design Expert 7.0

水分分布

- ✓ 束缚水(BWC)
- ✓ 自由水(FWC)
- 差热扫描量热分析法(DSC)

有机物分布

- ✓ 典型有机物：三维荧光光谱分析 & 荧光区域综合指数法(FRI)
- ✓ 胞外聚合物(EPS)

形貌结构

- ✓ 显微图像：扫描电子显微镜(SEM)
- ✓ 粒度和质量分形维数：激光粒度仪
- ✓ 接触能：EDLVO理论

能耗分析

- ✓ 机械能耗
- ✓ 电场能耗

◆磁化调理-水平电场脱水(CM-HED)

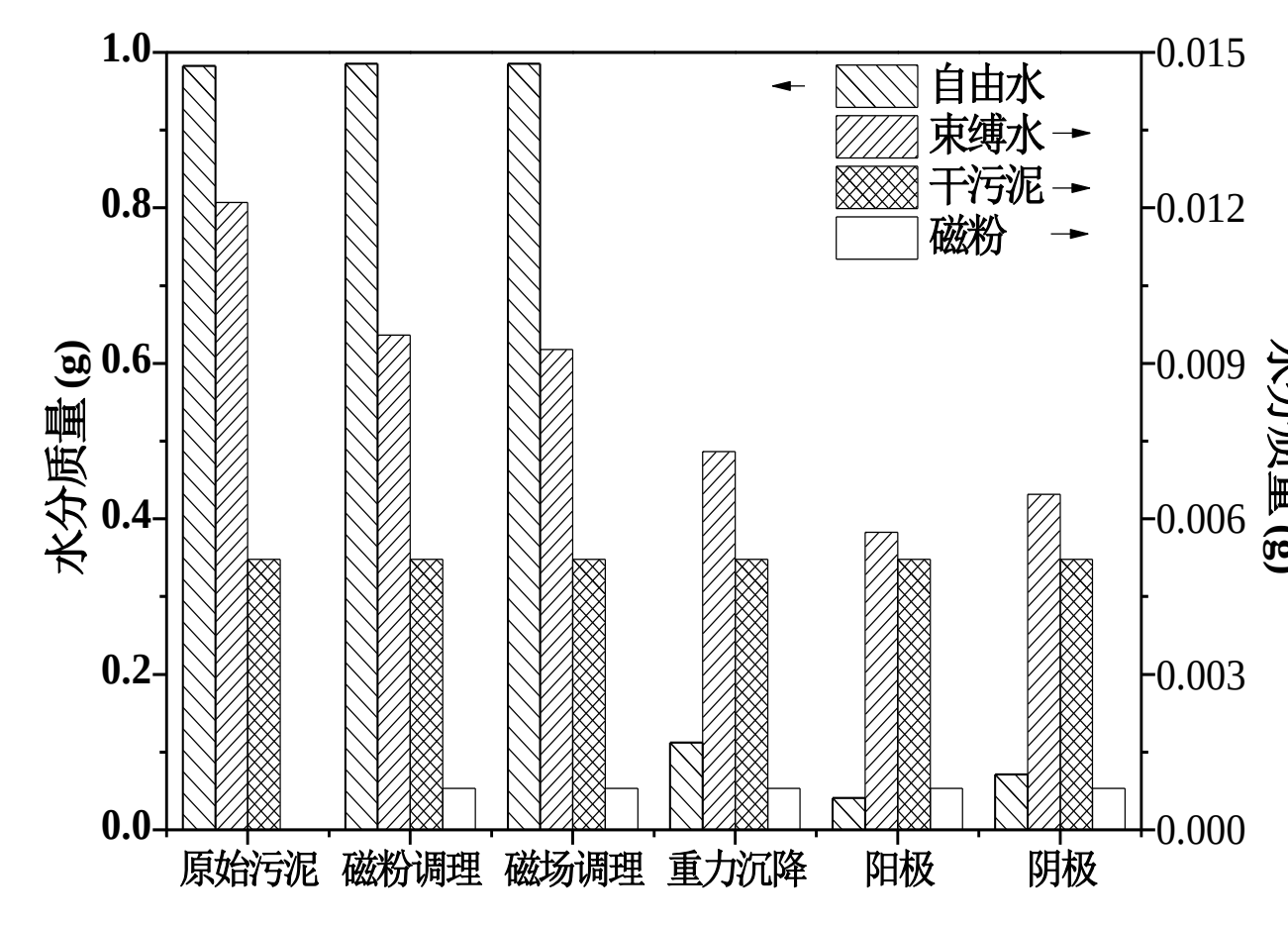


图2 CM-HED工艺中1.0g湿污泥水分分布变化

- CM-HED脱除自由水95.86%(阳极), 92.75%(阴极); 束缚水52.89% (阳极),46.28%(阴极)。
- 污泥束缚水在磁化调理下降最大: 23.14%。
- 污泥自由水在电脱水阶段去除效果最大: 63.73% (阳极), 36.54%(阴极)。
- 过程中有机物由污泥向上清液/滤出液中转移, 磁粉调理大幅度降低了污泥中有机物含量, 尤其是EPS中slime层的多糖和蛋白质类物质以及TB层中的腐殖酸类物质。

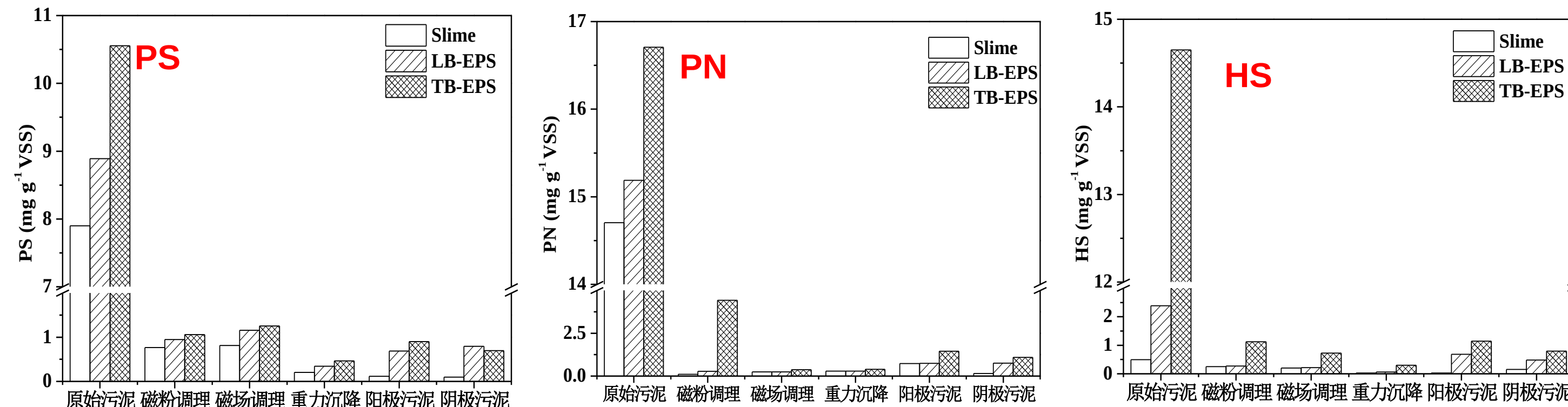


Fig.3 PS,PN,HS 含量在 CM-HED过程中的变化

◆磁化调理-压力垂直电场脱水(MPEOD)

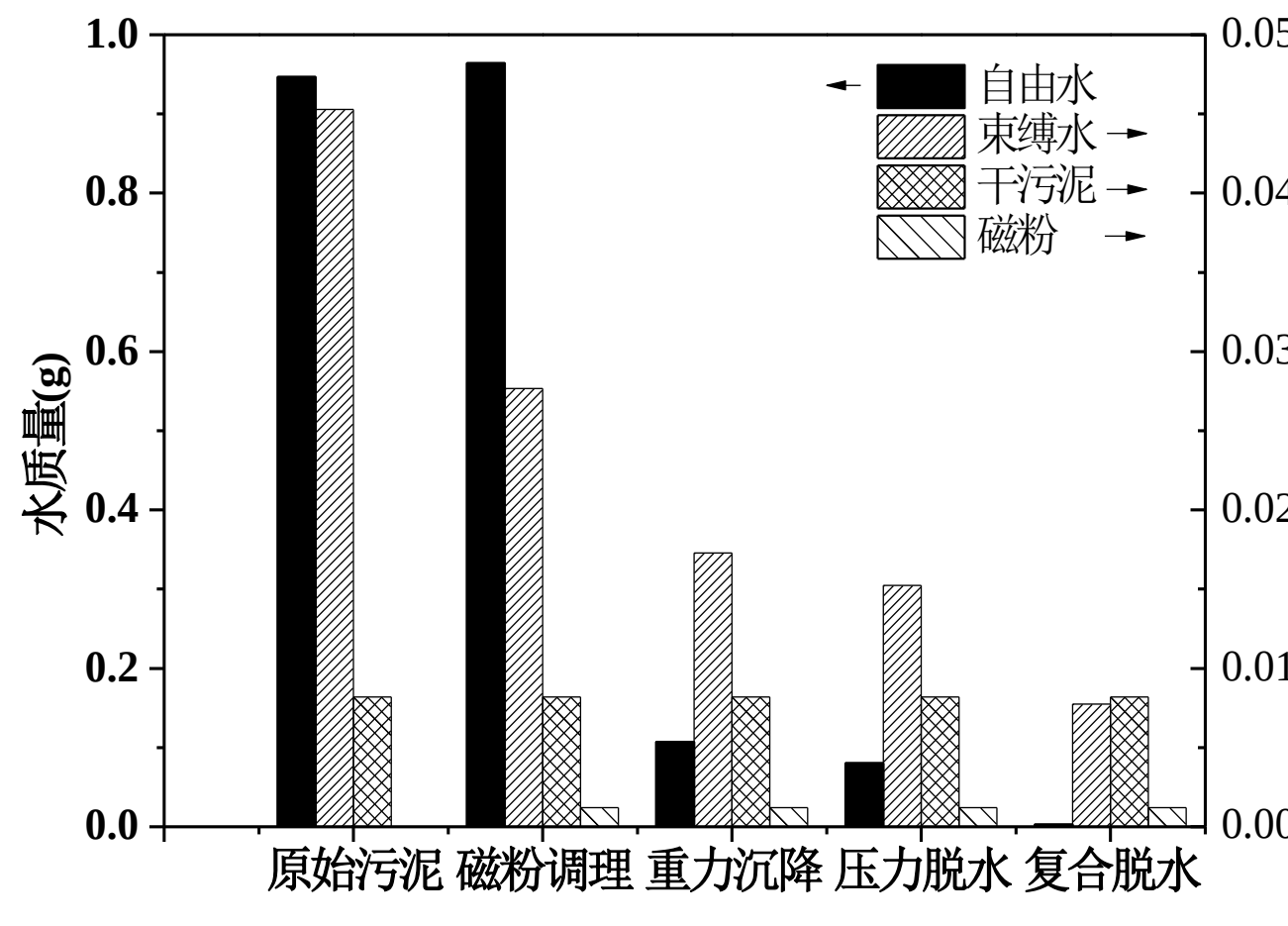


图4MPEOD工艺中1.0g湿污泥水分分布变化

- 污泥质量减量达到**97.98%**，最大去除阶段为DG(72.79%)&EDW (80.74%)；
- 自由水去除率达到**99.67%**，最大去除阶段为DG(76.44%)&EDW (96.16%)。
- 束缚水去除率达到**82.91%**，最大去除阶段为MMPC (38.93%) &EDW (49.20%)。
- 有机物的迁移方向为污泥絮体至液相，较之CM-HED工程有机物迁移量大，水分流动性更强，磁粉调理和(压力)电场作用对LB-EPS的影响高于其他EPS组分。

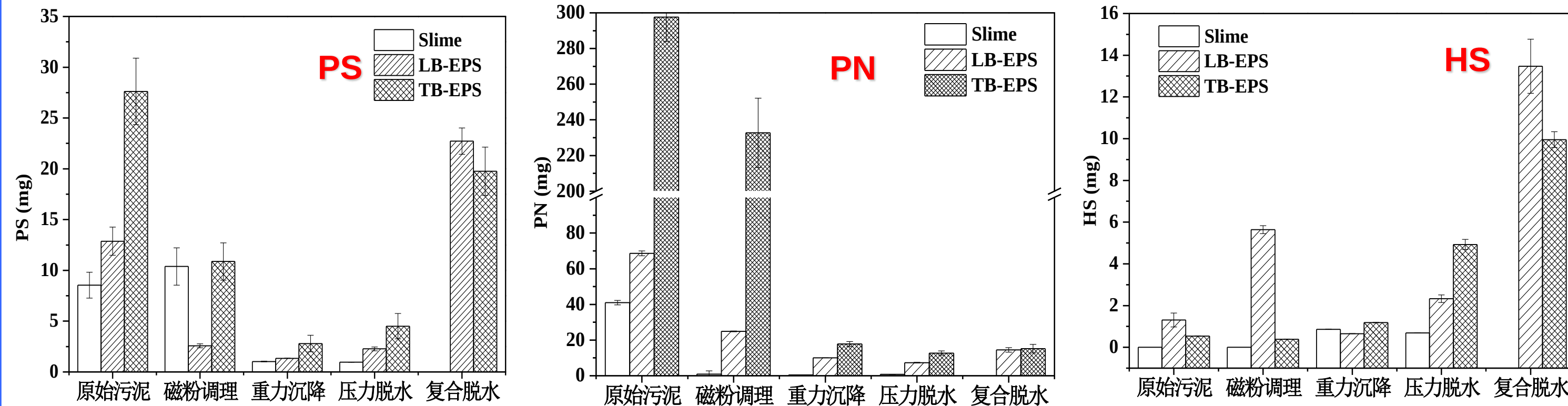
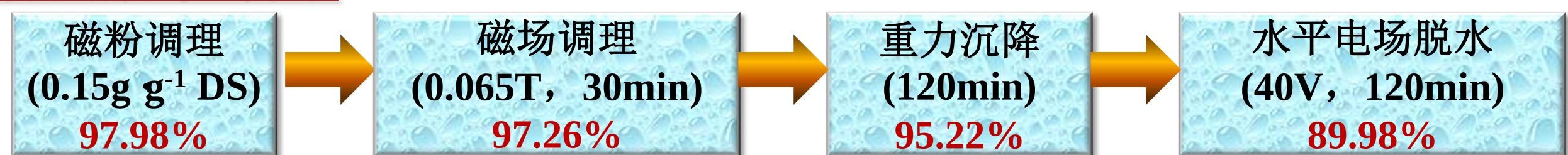


图5 PS,PN,HS 含量在 MPEOD过程中的变化

结果与讨论

◆工艺参数及脱水效果

CM-HED



MPEOD



◆磁化调理

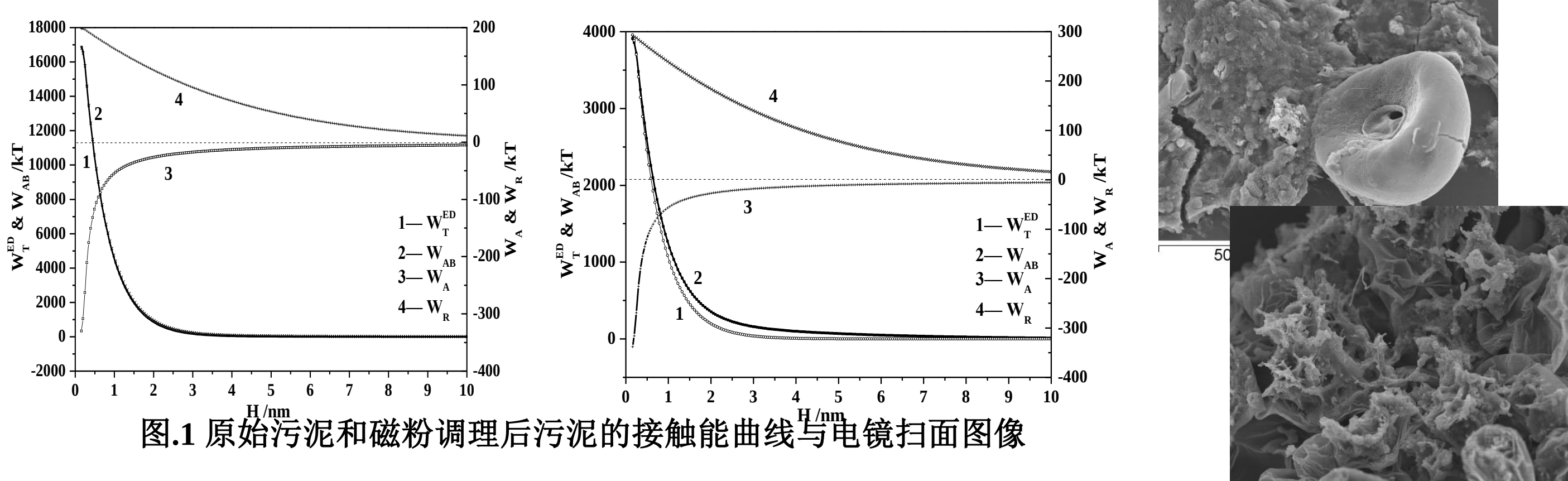


图.1 原始污泥和磁粉调理后污泥的接触能曲线与电镜扫描图像

结论

1. 磁化调理-水平电场(CM-HED)/压力垂直电场(MPEOD)工艺对活性污泥具有良好的脱水效果，CM-HED工艺操作条件和参数确定为：磁粉调理(0.15g g⁻¹ DS)—磁场调理(0.065T, 30min)—重力沉降(120min)—水平电场脱水(40V, 120min)；MPEOD最优化的操作条件和参数为：磁粉调理(0.15g g⁻¹ DS)—重力沉降(120min)—机械加压(400kpa,120min)—压力垂直电场脱水(44.7V, 120min)。MPEOD工艺可以使污泥的含水率降至53.52%，相应的能耗为14.20 kWh·m⁻³污泥。束缚水去除率较高的阶段依次为：复合脱水>磁粉调理>水平电场脱水。
2. 明确了磁化调理污泥的作用机制和CM-HED/MPEOD工艺的过程特征。微米磁粉剥离污泥EPS、破坏细胞表层结构、降低污泥颗粒间路易斯酸碱作用能。有机物的迁移方向为污泥絮体至液相，其中MPEOD工艺中有机物迁移量大，水分流动性更强，磁粉调理和(压力)电场作用对LB-EPS的影响高于其他EPS组分。

致谢

本论文由国家自然科学基金(No.21177010, No.51078035)资助完成。

取得的主要研究成果：

- (1) Qian X., Wang H.J., Wang Y.L. Characterization of the structure and interaction of sludge biosolids during the conditioning electro dewatering process[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2015, 484, 108-117.
- (2) Qian X., Wang Y.L., Zheng H.L. Migration and distribution of water and organic matter for activated sludge during coupling magnetic conditioning horizontal electro-dewatering(CM-HED)[J]. Water Research,2015, 88, 93-103.
- (3) 钱旭, 王毅力, 赵丽. 微米Fe3O4磁粉调理-压力电场污泥脱水工艺过程研究[J]. 环境科学, 2016, 37(5).
- (4) 王毅力, 钱旭. 一种污泥脱水的方法及其设备[P]. 中国专利: ZL2014102559706, 2015-10-12.