

# 污泥脱水滤液水质对以鸟粪石形式回收磷的影响

张 杰, 王印忠, 曹相生, 孟雪征

(北京工业大学 建筑工程学院 水质科学与水环境恢复工程北京市重点实验室, 北京 100022)

**摘 要:** 为了研究污泥脱水滤液水质对以鸟粪石( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ )形式回收磷的影响, 利用六联搅拌机模拟序批式搅拌反应器。结果表明: 保持各试验均在搅拌转速为 200 r/min, 反应历时为 180 min, 沉淀历时为 60 min 条件下运行, 在无需加入任何药剂的情况下, 经搅拌后, 污泥脱水滤液 pH 值升高, 但还不足以生成鸟粪石沉淀; 当  $PO_4^{3-}$  初始浓度为 4.00 mmol/L 时, 虽然 90% 以上的  $PO_4^{3-}$  会以磷酸盐形式从污泥脱水滤液中沉淀下来, 但须将污泥脱水滤液中  $Mg^{2+}$  初始浓度提高到 5.00 mmol/L 才能抑制  $Ca^{2+}$  与  $PO_4^{3-}$  的结合, 使  $PO_4^{3-}$ 、 $Mg^{2+}$  和  $NH_4^+$  回收浓度比接近 3 种离子在鸟粪石晶体中的化学计量比(1:1:1), 即以鸟粪石形式回收的磷最多; 当污泥脱水滤液在 pH 值为 10.0~10.5 条件下反应时, 鸟粪石产量最高; 污泥脱水滤液浊度越高,  $Mg^{2+}$  回收物质的量浓度越低, 相应鸟粪石产量也越低。

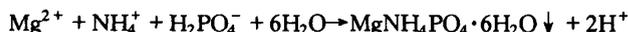
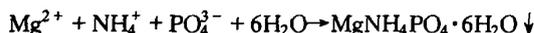
**关键词:** 磷; 回收; 结晶; 厌氧消化; 脱水; 水质

**中图分类号:** X 703.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 0254-0037(2008)10-1084-05

鸟粪石(MAP)又称六水合磷酸铵镁( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ), 易溶于酸性溶液, 不溶于碱性溶液, 相对密度为 1.7<sup>[1]</sup>。鸟粪石由  $Mg^{2+}$ 、 $PO_4^{3-}$  和  $NH_4^+$  按照等化学计量比结晶而成。鸟粪石形成的总反应方程式为<sup>[2]</sup>



鸟粪石沉淀的生成主要受溶液的过饱和度、温度、pH 值和  $Ca^{2+}$  等杂质离子的影响<sup>[3]</sup>; Battistoni 等<sup>[4]</sup>通过对污泥脱水滤液进行自然陈化后指出, 由于污泥脱水滤液所处环境中  $CO_2$  分压的不同, 造成 pH 值会随着时间的延长不断升高, 而  $PO_4^{3-}$  浓度则会不断降低; Stratful 等<sup>[5]</sup>通过配水试验发现, pH 值在 8.5 以上才能实现鸟粪石的有效回收; 王绍贵等<sup>[6]</sup>通过对污泥脱水滤液中溶解性磷的回收率进行考察后发现, 溶解性磷回收的最佳的 pH 值为 9.30~9.40, 同时也发现在 pH 值、水温等条件一定的情况下, 污泥脱水滤液中溶解性磷的浓度越高, 越有利于磷的回收。

按照等化学计量比改变  $Mg^{2+}$ 、 $NH_4^+$  和  $PO_4^{3-}$  初始浓度、单独改变  $NH_4^+$  或  $Ca^{2+}$  初始浓度均影响鸟粪石回收效果<sup>[7]</sup>。本文考察了未加入任何药剂的污泥脱水滤液经自然搅拌后的水质变化情况, 然后采用序批式搅拌反应器, 依次研究了在一定试验条件下的  $PO_4^{3-}$ 、 $Mg^{2+}$  初始浓度及 pH 值和浊度的变化对以鸟粪石形式回收磷的影响。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验水样

试验用污泥脱水滤液为取自北京某污水处理厂的滚压式污泥脱水机压滤液。该厂采用倒置  $A^2/O$  生物脱氮除磷工艺, 污泥在经历重力浓缩, 中温厌氧消化后进入污泥脱水机进行机械脱水减容。试验期间, 该污水处理厂的污泥脱水滤液水质情况如表 1 所示。

收稿日期: 2007-09-21。

基金项目: 北京市教委基金资助项目(20040005004)。

作者简介: 张 杰(1938-), 男, 辽宁本溪人, 教授, 中国工程院院士。

表1 污泥脱水滤液的水质情况

Table 1 Quality of sludge dewatering filtrate

pH值	浊度/NTU	$c(\text{PO}_4^{3-})/(\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$	$c(\text{Mg}^{2+})/(\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$	$c(\text{NH}_4^+)/(\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$	$c(\text{Ca}^{2+})/(\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$
7.26~7.65	71.83~183.3	0.87~1.49	1.03~2.77	15.13~31.97	2.33~3.31

## 1.2 仪器设备与检测方法

采用 ZR4-6 型六联搅拌机模拟连续批式搅拌式反应器;pH 值的测定采用 Waterproof pHTestr 10BNC 型 pH 仪;浊度的测定采用 URB 350 IR 型便携式浊度仪;TP 的检测方法采用钼酸铵分光光度法; $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Ca}^{2+}$  的浓度测定采用原子吸收分光光度法; $\text{NH}_4^+$  的浓度测定采用纳氏试剂比色法。

## 1.3 试验方法

在不加入任何药剂的情况下,对污泥脱水滤液进行了自然搅拌试验,以考察是否有鸟粪石沉淀生成。之后,采用加入  $\text{MgSO}_4\cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ 、 $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{NaOH}$  或黏土溶液的方法改变污泥脱水滤液中的  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  或  $\text{Ca}^{2+}$  初始浓度、pH 值或浊度,以考察污泥脱水滤液水质变化对鸟粪石生成的影响。序批式搅拌式反应器的搅拌转速取 200 r/min,反应历时取 180 min,沉淀历时取 60 min。

## 1.4 鸟粪石生成效果评价

根据 P. Battistoni 等人<sup>[8]</sup>对鸟粪石结核率的定义,将  $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度和回收率定义为

$$c_{\text{回收}} = c_{\text{初始}} - c_{\text{剩余}}$$

$$\eta_{\text{回收}} = (c_{\text{初始}} - c_{\text{剩余}}) / c_{\text{初始}} \times 100\%$$

式中,  $c_{\text{回收}}$  为  $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  或  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度;  $\eta_{\text{回收}}$  为  $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  或  $\text{NH}_4^+$  的回收率;  $c_{\text{初始}}$  为反应前污泥脱水滤液中  $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  或  $\text{NH}_4^+$  的初始浓度;  $c_{\text{剩余}}$  为反应沉淀后污泥脱水滤液中  $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  或  $\text{NH}_4^+$  剩余浓度。  $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收率越高,同时回收浓度比越趋近 3 种离子在鸟粪石晶体中的化学计量比(1:1:1),则  $\text{PO}_4^{3-}$  参与生成鸟粪石越多,以鸟粪石形式回收磷的效果越好<sup>[7]</sup>。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 自然搅拌试验

污泥脱水滤液温度为 26.0 ℃,搅拌时间对污泥脱水滤液水质的影响如表 2 所示,随着搅拌时间的不断延长,污泥脱水滤液的 pH 值和浊度值不断升高,而  $\text{PO}_4^{3-}$  浓度基本保持不变。

表2 搅拌时间对污泥脱水滤液水质的影响

Table 2 Effect of stirring time on the quality of the sludge dewatering filtrate

搅拌时间/min	pH值	浊度/NTU	$c(\text{PO}_4^{3-})/(\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$	$c(\text{NH}_4^+)/(\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$
0.0	7.65	71.83	0.87	31.97
30.0	7.81	98.50	0.85	30.81
60.0	7.88	149.23	0.86	31.97
90.0	7.95	144.03	0.81	31.97
150.0	8.06	155.73	0.88	32.16
180.0	8.10	150.17	0.86	32.97

在污泥脱水滤液中  $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$  和  $\text{CO}_2 - \text{CO}_3^{2-}$  两个缓冲系统影响滤液中的 pH 值. 当温度为  $26.0\text{ }^\circ\text{C}$ 、pH 值为  $7.60 \sim 8.10$  时, 氨氮中只有  $2\% \sim 6\%$  是以  $\text{NH}_3$  形式存在<sup>[9]</sup>. 正是因为  $\text{NH}_4^+$  不能向  $\text{NH}_3$  转化并逸出污泥脱水滤液才使得表 2 中  $\text{NH}_4^+$  浓度保持稳定. 由此可知, 污泥脱水滤液中 pH 值的不断升高受  $\text{NH}_3 - \text{NH}_4^+$  缓冲系统的影响不大, 而主要受到  $\text{CO}_2 - \text{CO}_3^{2-}$  缓冲系统的作用. 污泥脱水滤液在经历污泥厌氧消化以及随后的压滤与搅拌时所处环境中  $\text{CO}_2$  的分压不同.  $\text{CO}_2$  的分压在厌氧消化环境中为  $30\% \sim 40\%$ , 但在空气中只有  $0.035\%$ <sup>[4]</sup>. 另外, 污泥脱水滤液在存储的过程中也会因持续的有机物降解过程而产生  $\text{CO}_2$ . 因此在压滤和搅拌过程中均会有  $\text{CO}_3^{2-}$  不断向  $\text{CO}_2$  转化并逸出污泥脱水滤液, 由此造成滤液中 pH 值随着搅拌时间的延长而不断升高. 然而, 污泥脱水滤液中能逸出的  $\text{CO}_2$  是有限的, 因此 pH 值上升速率不断减小.

浊度也具有随着搅拌时间的延长而不断升高的趋势, 这可能是由于  $200\text{ r/min}$  的搅拌所产生的同向絮凝作用使得污泥脱水滤液中的胶体物质不断凝聚, 同时污泥残渣被搅拌打碎的结果.

## 2.2 $\text{Mg}^{2+}$ 和 $\text{PO}_4^{3-}$ 初始浓度对鸟粪石形成的影响

在污泥脱水滤液温度为  $23.0\text{ }^\circ\text{C}$ , 浊度为  $163.80\text{ NTU}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$  的初始浓度分别为  $3.31$ 、 $15.69\text{ mmol/L}$ , 初始 pH 值为  $10.0$  时, 等化学计量比法改变  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{PO}_4^{3-}$  的初始浓度引起的  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度变化如图 1 所示, 除  $\text{Ca}^{2+}$  外,  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度大体上均随  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{PO}_4^{3-}$  初始浓度增大而增高. 在  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{PO}_4^{3-}$  初始浓度均为  $6.00\text{ mmol/L}$  时,  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度均达到最高值, 即分别为  $5.30$ 、 $5.78$  和  $4.59\text{ mmol/L}$ .

$\text{Ca}^{2+}$  回收浓度的变化趋势恰与  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{NH}_4^+$  的变化趋势相反, 即随  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{PO}_4^{3-}$  初始浓度的增大而减小. 在试验条件下, 初始浓度不断增大的  $\text{Mg}^{2+}$  同  $\text{Ca}^{2+}$  对  $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{OH}^-$  产生了明显的争夺作用, 从而抑制了  $\text{Ca}^{2+}$  的回收.

## 2.3 $\text{Mg}^{2+}$ 初始浓度对鸟粪石形成的影响

在污泥脱水滤液温度为  $22.0\text{ }^\circ\text{C}$ , 浊度为  $98.44\text{ NTU}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  的初始浓度分别为  $2.51$ 、 $15.85$ 、 $4.00\text{ mmol/L}$ , 初始 pH 值为  $10.0$  时,  $\text{Mg}^{2+}$  初始浓度变化对  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  回收浓度的影响如图 2 所示, 在  $\text{Mg}^{2+}$  初始浓度大于  $4.00\text{ mmol/L}$  的各试验点,  $\text{Mg}^{2+}$  的回收浓度均比  $4.00\text{ mmol/L}$  试验点的高, 并且在  $4.50$  和  $5.00\text{ mmol/L}$  时已超过  $\text{PO}_4^{3-}$  的回收浓度.

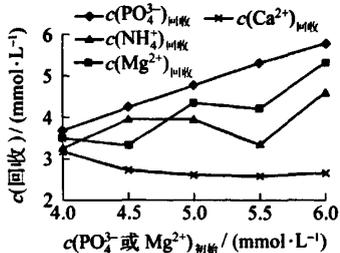


图 1  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{PO}_4^{3-}$  初始物质的量浓度对  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  回收效果的影响

Fig.1 Effect of initial  $\text{Mg}^{2+}$  and  $\text{PO}_4^{3-}$  concentration on the recovery rate of  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{NH}_4^+$

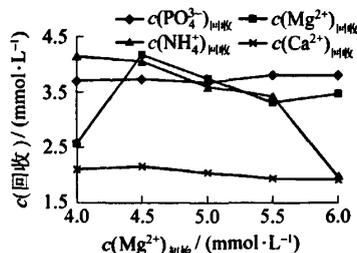


图 2  $\text{Mg}^{2+}$  初始浓度对  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  回收效果的影响

Fig.2 Effect of initial  $\text{Mg}^{2+}$  molar concentration on the recovery rate of  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{NH}_4^+$

由图 2 也可以看到,  $\text{Mg}^{2+}$  初始浓度的不断提高, 对  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度均有明显的抑制作用.  $\text{Mg}^{2+}$  初始浓度的不断增大, 一方面提高了  $\text{PO}_4^{3-}$  与  $\text{NH}_4^+$  和  $\text{Mg}^{2+}$  的碰撞的可能次数, 使得更多的  $\text{PO}_4^{3-}$  免于与  $\text{Ca}^{2+}$  结合, 能有更多的  $\text{PO}_4^{3-}$  转化为鸟粪石; 同时, 由于  $\text{Mg}^{2+}$  初始浓度的不断增大, 也使得  $\text{Mg}^{2+}$  与  $\text{OH}^-$  的碰撞结合增多, 从而  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  转化为  $\text{PO}_4^{3-}$  的程度减小, 最终也使  $\text{NH}_4^+$  回收浓度不断减少.

### 2.4 pH 值对鸟粪石形成的影响

在污泥脱水滤液温度为 22.0 ℃, 浊度为 181.10NTU,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  的初始浓度分别为 2.33、15.13、4.00 mmol/L,  $\text{Mg}^{2+}$  初始浓度为 5.00 mmol/L 时, 反应溶液中不同 pH 值对  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度影响如图 3 所示,  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  回收浓度在 pH 值为 10.0 和 10.5 时均接近最高. 这可能是由于一方面鸟粪石具有溶解于酸性溶液而不溶于碱性溶液的性质<sup>[1]</sup>, 随着溶液 pH 值的提高, 鸟粪石晶体的溶解度减小, 因此, 存在一个鸟粪石生成的最佳 pH 值<sup>[10]</sup>.

虽然在 pH 值小于 10.0 和 pH 值大于 10.5 范围内均不利于形成鸟粪石沉淀, 但是由于反应溶液  $\text{PO}_4^{3-}$  很容易结合总量较多的  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Ca}^{2+}$  而沉淀下来, 所以  $\text{PO}_4^{3-}$  的回收率在 pH 值为 9.0~11.0 的各试验点均得到不低于 92.0% 的回收率.

### 2.5 初始浊度对鸟粪石形成的影响

在污泥脱水滤液温度为 26.0 ℃,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  的初始浓度分别为 2.77、18.02、4.00 mmol/L,  $\text{Mg}^{2+}$  初始浓度为 5.00 mmol/L, pH 值为 10.0 时, 污泥脱水滤液不同浊度对  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度影响如图 4 所示, 污泥脱水滤液浊度的升高对  $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度均影响不大, 但引起了  $\text{Mg}^{2+}$  回收浓度的显著下降. 产生这一现象的原因可能是: 污泥脱水滤液中浊度的产生主要是由胶体颗粒引起的, 浊度越高则表明污泥脱水滤液中胶体颗粒越多. 又因为胶体颗粒一般为负电荷胶体, 因此它们很容易和污泥脱水滤液中的高价正离子, 例如  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Ca}^{2+}$ , 由于正负电荷吸引而结合在一起. 当  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Ca}^{2+}$  被胶体包裹并中和电荷后, 就很难再以磷酸盐沉淀形式回收. 综上所述, 污泥脱水滤液浊度越低越有利于鸟粪石沉淀.

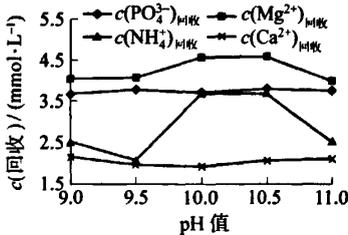


图 3 pH 值对  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收效果的影响

Fig. 3 Effect of pH value on the recovery rate of  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{NH}_4^+$

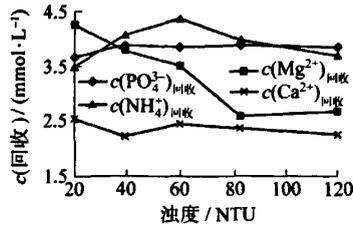


图 4 浊度对  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度的影响

Fig. 4 Effect of turbidity on the recovery molar concentration of  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{NH}_4^+$

## 3 结论

- 1) 搅拌作用能使污泥脱水滤液的 pH 值有一定程度升高, 但不足以生成鸟粪石沉淀.
- 2)  $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{PO}_4^{3-}$  初始浓度等化学计量比增加时,  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收浓度随之增加, 但  $\text{Ca}^{2+}$  的回收浓度却逐渐减少.
- 3)  $\text{Mg}^{2+}$  初始浓度为 5.00 mmol/L 时,  $\text{PO}_4^{3-}$  的回收率均达到 90% 以上, 能抑制  $\text{Ca}^{2+}$  与  $\text{PO}_4^{3-}$  的结合, 从而使生成的鸟粪石最多.
- 4) pH 值为 10.0~10.5 时,  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  和  $\text{NH}_4^+$  的回收效果最好, 生成的鸟粪石最多.
- 5) 污泥脱水滤液浊度越低越有利于鸟粪石沉淀.

## 参考文献:

- [1] CHIRMULEY D G. Struvite precipitation in WWTPs: Causes and solutions[J]. *Water*, 1994, 10: 21-23.
- [2] 李金页, 郑平. 鸟粪石沉淀法在废水除磷脱氮中的应用[J]. *中国沼气*, 2004, 22(1): 7-10.  
LI Jin-ye, ZHENG Ping. Applications of struvite precipitation in removal of phosphorus and nitrogen from wastewater[J]. *China Biogas*, 2004, 22(1): 7-10. (in Chinese)
- [3] BUCHANAN J R, MOTE C R, ROBINSON R B. Thermodynamics of struvite formation[J]. *Transactions of the ASAE*, 1994, 37(2): 617-621.
- [4] BATTISTONI P, FAVA G, PAVAN P, et al. Phosphate removal in anaerobic liquors by struvite crystallization without addition of chemicals: preliminary results[J]. *Water Research*, 1997, 31(11): 2925-2929.
- [5] STRATFUL I, SCRIMSHAW M D, LESTER J N. Conditions influencing the precipitation of magnesium ammonium phosphate[J]. *Water Research*, 2001, 35(17): 4191-4199.
- [6] 王绍贵, 张兵, 汪慧贞. 以鸟粪石的形式在污水处理厂回收磷的研究[J]. *环境工程*, 2005, 23(3): 78-80.  
WANG Shao-gui, ZHANG Bing, WANG Hui-zhen. Study on P-recovery as guano from wastewater treatment plant[J]. *Environmental Engineering*, 2005, 23(3): 78-80. (in Chinese)
- [7] 王印忠, 曹相生, 孟雪征, 等. 脱水滤液中  $Mg^{2+}$ 、 $PO_4^{3-}$  和  $NH_4^+$  浓度对鸟粪石形成的影响[J]. *中国给水排水*, 2007, 23(19): 6-10.  
WANG Yin-zhong, CAO Xiang-sheng, MENG Xue-zheng, et al. Effect of  $Mg^{2+}$ ,  $PO_4^{3-}$  and  $NH_4^+$  in sludge dewatering filtrate on struvite formation[J]. *China Water & Wastewater*, 2007, 23(19): 6-10. (in Chinese)
- [8] BATTISTONI P, PAVAN P, PRISCIANDARO M, et al. Struvite crystallization: a feasible and reliable way to fix phosphorus in anaerobic supernatants[J]. *Water Research*. 2000, 34(11): 3033-3041.
- [9] 张自杰, 林荣忱, 金儒霖. *排水工程*[M]. 第4版. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999: 307.
- [10] OHLINGER K N, YOUNG T M, SCHROEDER E D. Predicting struvite formation in digestion[J]. *Water Research*, 1998, 32: 3607-3621.

## Influence of Sludge Dewatering Filtrate Components on Phosphorus Recovery in Form of Struvite

ZHANG Jie, WANG Yin-zhong, CAO Xiang-sheng, MENG Xue-zheng

(Key Laboratory of Beijing for Water Quality Science and Water Environment Restoration Engineering,  
College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100022, China)

**Abstract:** Effects of the constituents of sludge dewatering filtrate on phosphorus recovery in form of struvite ( $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ ) were studied by using batch stirring reactors. The results showed that with keeping stirring speed at 200 rpm, stirring time at 180 min and precipitation time at 60 min in all experiments, pH of sludge dewatering filtrate rose after stirring without reagent addition; however, it was not enough to form struvite. When the concentration of  $PO_4^{3-}$  was at 4.00 mmol/L, more than 90% of the  $PO_4^{3-}$  was recovered. But only the initial concentration of  $Mg^{2+}$  in sludge dewatering filtrate exceeded above 5.00 mmol/L, the reaction between  $Ca^{2+}$  and  $PO_4^{3-}$  was inhibited distinctly and the ratio of the recovery molar concentration of  $PO_4^{3-}$ ,  $Mg^{2+}$  and  $NH_4^+$  could nearly reach 1:1:1, which means that the most quantity struvite were formed. When pH ranged from 10.0 to 10.5, the most quantity of struvite formed. Turbidity of sludge dewatering filtrate had negative effect on the recovery of  $Mg^{2+}$  and struvite formation.

**Key words:** phosphorus; recovery; crystallization; anaerobic digestion; dewatering water; quality

(责任编辑 张士瑛)