

采用 CEPT 技术提升污水处理厂处理能力的研究

鞠然，周军，胡俊，甘一萍
(北京城市排水集团有限责任公司，北京 100061)

摘 要：本文针对 B 水厂改造的实际情况，考察研究了采用 CEPT (Chemical Enhanced Primary Treatment) 技术提升水厂处理能力的可行性。研究表明：CEPT 工艺与常规一级处理工艺相比，初沉池出水 COD 的平均去除率提高约 27%，SS 的平均去除率提高约 25%，TP 的去除率提高约 23%；CEPT 技术在提升水厂处理能力上非常有效。采用 CEPT 技术进行旧水厂改造，初沉池产生的剩余污泥量增加 50% ~ 100%，应当适当考虑排泥系统的改造。CEPT 工艺和常规工艺相比，处理污水成本增加额约为 0.62 元/m³。
关键词：化学强化一级处理；初沉池；产泥量

城市污水处理技术的关键之一在于固液分离单元的处理效果。CEPT 技术的目的就集中在如何提高一级处理的固液分离效果，增加颗粒态和胶体态物质的去除量，以保证后续生物处理对溶解态物质向胶体态和颗粒态物质转化的效率。国内外大量的工程实例表明^[1-4]，CEPT 技术和常规的一级处理工艺相比，对 SS、COD、BOD₅、TP 等的去除率有显著提高。

1 工程背景

地理位置非常重要的 B 污水厂，一期工程处理能力 4 万 m³/d (运行中)；二期工程处理能力 6 万 m³/d (未来两年内建成)。在二期工程竣工以前，由于流域内各种基础设施发展建设较快，近期进厂污水量将增加到 6 万 m³/d 左右。为使增加的 2 万 m³/d 污水也能够达标排放，所以需要采取有效措施对 B 水厂现有一期工程进行改造，使得处理能力得到提升。

2 B 水厂工艺及改造方案

2.1 B 水厂工艺流程

B 厂污水处理工艺采用传统活性污泥法，该厂的工艺流程详见图 1 所示。

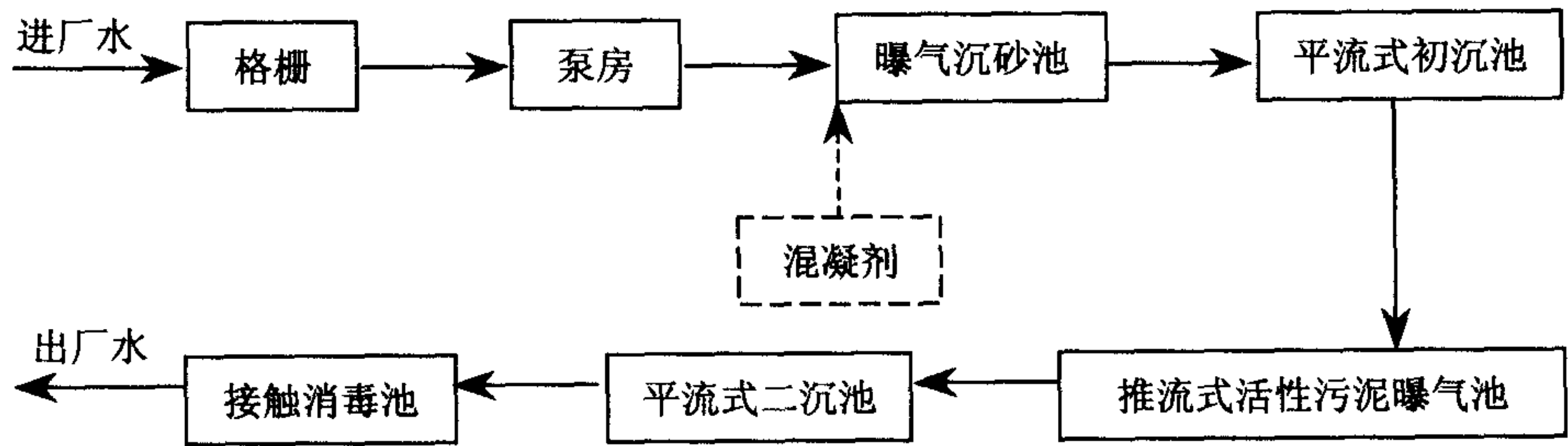


图 1 B 水厂工艺流程简图

2.2 CEPT 技术改造方案

CEPT 改造工艺由曝气沉砂池和初沉池组成。原水经过格栅后进入曝气沉砂池，在曝气沉砂池前端投加混凝剂，使污水中的悬浮态和胶体态物质与混凝剂作用发生脱稳、聚集，进而在初沉池中通过化学沉淀、混凝沉淀作用得以去除。

3 试验研究

3.1 小试试验研究

① 具体的试验参数

试验水样体积 1 L；混合搅拌速度 40 ~60 r/min（采用磁力搅拌器）；反应时间 5 ~ 6 min；沉淀时间 1.9 h。

② 试验结果分析

表 1 混凝小试试验结果

原水情况	指标名称	COD			SS		
	原水的数值(mg/L)	511			235		
试验情况	指标名称	COD			SS		
	混凝剂 PAC 投量(mg/L)	30	40	50	30	40	50
	多次测定的平均值(mg/L)	325	305	271	126	100	102
	平均去除率(%)	36	40	47	46	57	57

表 1 结果显示，对于 B 厂进厂原水而言，混凝剂 PAC 较合适的投量约为 40 mg/L；沉淀后出水的 COD、SS 的去除效果较好，去除率可以分别达到 40%和 57%。

3.2 生产性试验研究

① 具体的试验参数：处理水量：6 万 m³/d；混凝剂（PAC）的投加量约为 40 mg/L；曝气沉砂池中的 HRT 为 5 ~ 6min，改造后混凝剂投加到曝气沉砂池前端，在曝气池沉砂池中进行充分混合，即混合过程进行的时间约为 5 ~ 6 min；初沉池中的 HRT 约为 1.9 h，改造后起到混凝沉淀池的作用，即沉淀过程进行的时间约为 1.9 h。

② 试验结果分析：

表 2 混凝生产性试验结果

编号	取样方式	COD (mg/L)			SS (mg/L)			TP (mg/L)		
		进水	初沉池出水	去除率 (%)	进水	初沉池出水	去除率 (%)	进水	初沉池出水	去除率 (%)
1	混合样	632	496	22	375	320	15	22.8	17.7	22
	瞬时样	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	混合样	810	522	36	550	315	43	23.1	18.7	19
	瞬时样	810	299	63	550	142	74	23.1	17.5	24
3	混合样	659	638	3	460	435	5	19.1	17.2	10
	瞬时样	659	274	58	460	145	68	19.1	11.1	42

常规一级处理过程中初沉池出水：COD 的平均去除率约为 33%；SS 的平均去除率约为 46%；TP 的平均去除率约为 10%。

从表 2 中可以明显看出，混合样测得 SS、COD 和 TP 的去除率比瞬时样要低得多。分析原因是由于 CEPT 工艺运行过程中，初沉池的产泥量增加较多（下面有计算），原有的排泥系统不足以将产生的剩余污泥及时地排出，导致初沉池中的泥位升高，并随水流产生紊动，进而固液分离效果变差；混合样中混入的絮体物质对测定结果产生了较大影响，导致测定值波动较大、缺乏代表性。

另外，由于 CEPT 是一种物化过程，处理效果明显、见效快，所以采用瞬时取样的方式测定的结果便可以准确表征 CEPT 工艺初沉池的出水效果。生产性试验初沉池出水结果为：COD 的去除率为 58% ~ 63%，SS 的去除率为 68% ~ 74%，TP 的去除率为 24% ~ 42%；比常规一级处理工艺初沉池

出水 COD 的平均去除率提高约 27%，SS 的平均去除率提高约 25%，TP 的去除率提高约 23%。可见，CEPT 工艺初沉池出水比常规一级处理工艺能更有效去除 COD、SS 和 TP，有效降低了后续曝气池的有机负荷，并能强化整体工艺的除磷效果。

其次，污水中投加化学混凝剂能够去除污水中的很多污染物，同时还能够使污水的沉降性能得到改善。有研究表明^[5]，随着进入沉淀池的流量的增加，表面流速增加，污水中悬浮固体的去除率随之下降。但是投加混凝剂以后，这种下降的趋势逐渐变缓。这也就说明向水中投加混凝剂可以在保证一定的处理效率的同时使进水量增加，这就可以解决沉淀池超负荷运行的问题。

最后，应用 CEPT 技术强化初沉池处理效果的同时，应考虑将原有的排泥系统加以适当的改造，使得增加的剩余污泥能够顺利排出，出水水质得到保障。

4 CEPT 工艺中初沉池的产泥问题

CEPT 工艺在提高悬浮物质去除效率的同时，由于加入混凝剂将会大大增加初沉池处理过程中的产泥量。化学混凝沉淀过程中产生的污泥量主要由去除的悬浮物和混凝（或者沉淀）的物质组成。

初沉池中产泥量计算推荐两种计算方法：

① 初沉池产生的干泥量计算公式 (a)^[6]：

$$S_p = S_{in} - S_{out} + K_{prec} \times D \quad (a)$$

式中： S_{in} ， S_{out} —进水和出水中悬浮固体的浓度， gSS/m^3 ；

S_p —污泥产生量， gSS/m^3 ；

K_{prec} —污泥产生系数， gSS/gMe ，对于 Fe 盐为 4~5，Al 盐为 6~7；

D —金属混凝剂的剂量， g/m^3 。

要想在不降低悬浮固体的去除率的同时减少污泥产生量只有想办法减小 K 值或者 D 值。生产性试验中，采用 CEPT 技术后，初沉池产泥量约为 15 ~ 17 吨。而采用公式 (a) 对 B 水厂的初沉池产泥量进行理论值计算时，其中 $S_{in}=0.28 kg/m^3$ ， $S_{out}=0.112 kg/m^3$ ， $K_{prec}=6 \sim 7$ ， $D=40 g/m^3$ ， $S_p=(24.48 \sim 26.88)$ 吨/d。故而理论值比实际偏大较多。

② 初沉池产生的干泥量计算公式 (b)^[7,8]：

$$S_p = [1 + (50\% \sim 100\%)] \times (S_{in} - S_{out}) \quad (b)$$

式中： S_{in} ， S_{out} —进水和出水中悬浮固体的浓度， gSS/m^3 ；

S_p —污泥产生量， gSS/m^3 ；

50% ~ 100%—CEPT 工艺运行过程中，初沉池产泥量增加 50% ~ 100%。

生产性试验中，采用 CEPT 技术后，初沉池产泥量约为 15 ~ 17 吨。而采用公式 (b) 对 B 水厂的初沉池产泥量进行理论值计算时，其中 $S_{in}=0.28 kg/m^3$ ， $S_{out}=0.112 kg/m^3$ ， $S_p=(15.12 \sim 20.16)$ 吨/d。故而实际值和理论值较为接近，建议采用公式 (B) 进行设计改造。

5 运行成本估算

CEPT 工艺的运行费用较高，改造工程投入运行后，每吨污水的处理费用在原来运行成本基础上的增加额计算包括以下三方面。

5.1 化学一级强化药剂费

初沉池投加聚合铝 (PAC)，纯度 10%，单价 1400 元/吨，投加量约为 40 mg/L。则处理每吨污水增加的药剂费为： $(40 \times 10^{-6} \times 1400) / 10\% = 0.56$ 元。

5.2 污泥处理及处置费

① 污泥处理

在 CEPT 工艺生产性试验过程中,测得初沉池每天增加干泥量约 10 吨,絮凝剂聚丙烯酰胺(PAM)单价为 40000 元/吨,投配率为 4‰,则处理每吨污水在原有运行成本基础上增加污泥处理药剂费为:
 $(10 \times 4\text{‰} \times 40000) / 60000 = 0.03$ 元。

② 污泥处置

泥饼含水率 80%,运输费 20 元/吨,则处理每吨污水在原有运行成本基础上增加泥饼外运费为:
 $[20 \times 10.08 / (1 - 80\%)] / 60000 = 0.02$ 元。

5.3 增加的电费

改造工程新增加的各种设备总功率为 53.7 kW;电费为 0.55 元/度;则处理每吨污水在原有运行成本基础上增加的电费为:
 $(53.7 \times 24 \times 0.55) / 60000 = 0.01$ 元。

以上三项的和即为处理每吨污水在原有运行成本基础上的增加额,约为 0.62 元。

6 结论

① 采用 CEPT 技术和常规处理工艺相比,初沉池出水 COD 的平均去除率提高约 27%,SS 的平均去除率提高约 25%,TP 的去除率提高约 23%;CEPT 技术在提升水厂处理能力上非常有效。

② 采用 CEPT 技术进行水厂改造,初沉池产生的剩余污泥量增加 50% ~ 100%,应适当考虑排泥系统的改造。

③ CEPT 工艺和常规工艺相比,污水处理成本增加额约为 0.62 元/m³。

参考文献

- [1] 姜应和,张发根. 混凝法在城市污水强化处理中的应用. 中国给水排水, 2002, 18(3): 30-32.
- [2] 张冰如,李凤亭. CEPT 法处理上海城市污水的试验及其意义. 净水技术, 2002, 21(2): 10-13.
- [3] Harleman D., Harremoes P., Qian Yi. Hong Kong Harbor Clean up. Wat. Env. & Tech., 1997, 9(3): 47-50.
- [4] Morrissey, Harleman. Retrofitting Conventional Primary Treatment Plants and Wastewater Treatment II. Proceedings of the Fifth Gothenburg Symposium. R. Klute and H. Hahn Eds. Springer-Verlag. Berlin. 1992.
- [5] 朱宝霞,李久义,栾兆坤. 城市污水混凝强化一级处理的机理探讨. 给水排水, 2001, 27(7): 10-14.
- [6] Odegaard H, Karlsson I. Chemical wastewater treatment-value for money. Chemical water and wastewater treatment(3). Klute and Hahn(eds). Springer Verlag, Berlin/ Heidelberg, 191-209.
- [7] 国家环境保护总局科技标准司. 城市污水处理及污染防治技术指南. 2001, 6: 240.
- [8] 王洪臣. 城市污水处理厂运行控制与维护管理. 科学出版社, 1997, 11: 39.

电话: 010-51352867

E-mail: zixun@bdc.cn