

TNT-RDX 混合废水处理的实验研究 ——生物-吸附法

黄文凤 赵君科 黄明万

(中国工程物理研究院, 成都 610003)

摘要 介绍了在 25~35℃ 的温度下, 用厌氧-兼氧-水生生物-吸附组合工艺处理 TNT 和 RDX 混合废水的方法, 进行了日处理量为 60~900L 的实验室放大实验。当 TNT 和 RDX 混合废水总浓度为 4~12mg/L 时, 经过该工艺处理后可达到国家排放标准。其中厌氧-兼氧能去除废水中 80% 以上的 TNT 和 RDX, 水生生物(水葫芦)对 TNT 及 RDX 也有一定的降解效果。最后用活性炭吸附可以实现深度处理。

关键词 兼氧 吸附 厌氧

中图分类号 O647.3 X783

1 引言

TNT 及 RDX 和其它硝基化合物废水具有毒性大, 生物降解难等特点。目前常用的处理方法有: 活性炭吸附、部分生物降解和水解法等。鉴于活性炭吸附存在着饱和炭再生频繁, 而部分生物降解和水解法存在着处理效果不好的缺点。本研究拟寻求一种新的废水处理工艺, 以达到去除率高、运行成本低的目的。在厌氧环境下都应用降解断裂苯环等的分子结构, 对 TNT 和 RDX 等硝基化合物废水较适用, 故首先采用厌氧-兼氧处理。水生生物多用于废水处理的氧化塘中, 由于它的根系发达, 具有良好的吸收作用, 我们将其放在厌氧-兼氧处理之后, 对废水作进一步处理。最后用活性炭吸附, 进行深度处理。本研究进行了实验室放大实验, 取得了较好的效果。

2 实验部分

2.1 废水处理原理及流程

在厌氧-兼氧条件下, 厌氧及兼氧微生物可对废水中的 TNT 和 RDX 进行降解。水葫芦的根系也能吸收而去除部分的 TNT 和 RDX。活性炭能吸附 TNT 和 RDX, 同时, 炭表面生长的生物膜也有部分生物降解作用。流程如图 1 所示。

废水经调节池用泵提升入高位水池, 然后依次流入两段厌氧-兼氧生物塔。厌氧-兼氧生物塔的下部为污泥区, 中部为煤渣填料层, 上部为气水分离层, 塔顶敞口, 也为兼氧区。厌氧-兼氧产生的气体直接排入大气, 出水流入水生生物池。由于水葫芦根系的阻拦

作用及污泥的自然沉降,该池兼有沉淀池功能,从生物塔流出的菌胶团等在这里沉淀下来,清水流入活性炭吸附塔。由于活性炭表面生长了一层绿色的生物膜,该塔兼具吸附及生物降解的功能。已饱和的活性炭可用臭氧氧化等方法再生。

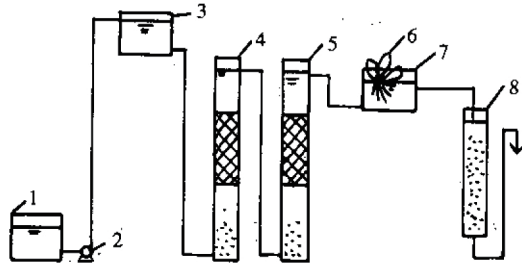


图1 厌氧-兼氧-水生生物-吸附处理 TNT 及 RDX 废水实验流程

- 1——调节池(1.0m×0.6m×0.8m); 2——水泵; 3——高位水池(1.0m×0.6m×0.8m);
4——Ⅰ段厌氧-兼氧生物塔(∅100mm×4m); 5——Ⅱ段厌氧-兼氧生物塔(∅160mm×4m);
6——水生生物(水葫芦); 7——水生生物池(0.5m×0.3m×0.4m); 8——活性炭吸附柱(∅80mm×1m)。

Fig. 1 A pilot scheme of treating TNT and RDX wastage by using anaerobic-facultative-aquatic organisms and adsorption

- 1——regulation tank, 2——pump, 3——lift tank, 4——anaerobic-facultative aerobes tower I,
5——anaerobic-facultative aerobes tower II, 6——aquatic organism (water hyacinth),
7——aquatic organism tank, 8——activated carbon column.

2.2 模拟废水的制备

取工业级 TNT 和 RDX 分别溶于自来水中制成饱和溶液,过滤。实验时,将二者按一定比例混合,用自来水稀释成所需浓度,即制成 TNT 和 RDX 的混合溶液。

2.3 菌种的采集、培养和驯化

菌种取自 TNT 和 RDX 的混合废水调节池或废水排出口,加入培养基和少量的生活污水,再加入一定量的 TNT 和 RDX 的混合废水。在厌氧塔内培养五天后,用低浓度的 TNT 和 RDX 的混合废水循环流入厌氧-兼氧塔,然后再逐渐提高废水浓度,直至出水中 TNT 和 RDX 有明显降低时,即可投入实验之用。

培养基:葡萄糖,0.1%;蛋白质,0.1%; K_2HPO_4 ,0.03%; NH_4Cl ,0.03%; $pH=7.0\sim 7.2$ 。

2.4 水生生物的选择

选取的水生生物需具备的条件为吸收能力、抗污染力和繁殖能力皆强。由于水生生物在生长期间能大量吸收废水中的有机物,其繁殖力越强,对污水中的有机物降解就越有效。废水处理中常用的水生生物有水葫芦(凤眼莲)、水菖蒲、水白菜、芦苇等,其中以水葫芦的吸收能力最强,且漂浮于水面,根系也较长,故在本工艺中选用水葫芦。

3 结果与讨论

3.1 厌氧-兼氧实验

3.1.1 一段厌氧-兼氧处理实验

废水从高位水池流入∅160mm的厌氧-兼氧生物塔后,测定处理前后的 TNT 和 RDX

的浓度。试验结果见表1。

表1 一段厌氧-兼氧处理 TNT 及 RDX 废水实验结果

Table 1 Experimental results of one-stage anaerobic-facultative treating TNT and RDX wastage

序号	流量 /L·h ⁻¹	塔内停留 时间/h	进水浓度/ mg·L ⁻¹		出水浓度/ mg·L ⁻¹		去除率/%	
			TNT	RDX	TNT	RDX	TNT	RDX
1	19.2	1.98	4.85	6.46	2.82	4.50	41.9	30.3
2	11.0	3.45	1.92	1.42	1.07	0.89	43.7	37.3
3	6.46	5.88	1.24	2.10	0.62	1.15	50.0	45.2
4	5.90	6.44	2.24	3.50	1.10	1.90	50.9	45.7
5	4.62	8.23	3.58	6.40	1.78	3.45	50.3	46.1
6	4.30	8.84	1.39	2.80	0.62	1.42	54.7	49.3
7	2.50	15.2	2.46	4.14	0.59	1.63	76.0	60.6

由表1可知,采用一段厌氧-兼氧处理该混合废水,当废水在塔内停留时间为8.23h时,TNT的去除率为50.3%,RDX的去除率为46.1%。

3.1.2 两段厌氧-兼氧处理实验

废水从高位水池依次流入 $\varnothing 100\text{mm}$ 与 $\varnothing 160\text{mm}$ 的厌氧-兼氧生物塔后,测定处理前后的TNT和RDX的浓度。实验结果见表2。

表2 两段厌氧-兼氧处理 TNT 及 RDX 废水试实验结果

Table 2 Experimental results of two-stage anaerobic-facultative treating TNT and RDX wastage

序号	流量 /L·h ⁻¹	塔内停留 时间/h	进水浓度/ mg·L ⁻¹		出水浓度/ mg·L ⁻¹		去除率/%	
			TNT	RDX	TNT	RDX	TNT	RDX
1	37.0	1.51	3.07	4.10	1.26	2.10	59.0	48.8
2	26.0	2.15	3.79	2.30	1.10	0.80	71.0	65.2
3	12.0	4.67	1.52	4.70	0.34	1.00	77.6	78.7
4	9.50	5.90	1.70	3.50	0.37	0.80	78.2	77.1
5	7.80	7.18	2.30	4.60	0.42	0.50	81.8	89.1
6	6.30	8.90	3.28	2.90	0.52	0.30	84.1	89.6

由表2可知,增加一段厌氧-兼氧处理可以有效提高TNT和RDX的去除率。在两段厌氧-兼氧处理及实验浓度条件下,当废水在塔内的停留时间在7h以上时,废水中的TNT和RDX的去除率能达到80%以上,效果较好。

在实验中,采用了常温厌氧的方式,这可以节约能源;同时,我们发现温度对厌氧去除效果影响较大,在35℃下,厌氧-兼氧可达89%的去除率,而在25℃下,该段去除率将低于80%。这说明厌氧-兼氧处理TNT和RDX混合废水须保持足够的停留时间,及合适的处理温度下,处理效果才会更好。

3.2 水生生物实验

将一定浓度的TNT和RDX混合废水加入养有水葫芦的玻璃缸,经过24h处理后,测定处理前后废水中的TNT和RDX的含量。实验结果见表3。

表 3 水葫芦处理 TNT 及 RDX 废水实验结果

Table 3 Experimental results of water hyacinth treating TNT and RDX wastage

序号	处理前浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		处理后浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		去除率/%	
	TNT	RDX	TNT	RDX	TNT	RDX
1	0.27	0.80	0.20	0.50	25.9	37.5
2	0.31	1.30	0.27	0.80	12.9	38.5
3	0.20	0.50	0.09	0.30	55.0	40.0
4	0.56	1.50	0.46	1.10	17.9	26.7
5	0.82	0.93	0.62	0.68	24.4	26.9
平均	-	-	-	-	27.2	33.9

由表 3 可知,水葫芦对废水中的 TNT 和 RDX 有一定的去除作用,这是因为水葫芦的根系能吸收一定的 TNT 和 RDX。水葫芦的吸收作用是有一定条件的,当废水中的 TNT 和 RDX 浓度高时,水葫芦会枯萎死亡。因此,在该工艺中,水葫芦是放在厌氧-兼氧处理的后面,这时废水中大部分的 TNT 和 RDX 已经降解,对水葫芦已经没有危害,还能被水葫芦所降解。水葫芦的使用还存在一个越冬问题,由于水葫芦在 4°C 时就已经停止生长,温度再低便会枯萎、死亡。这时,水葫芦不但起不到降解作用,反而会使废水的化学需氧量升高,增加处理负荷。为了使水葫芦处理在冬天也能运行,可以在水生生物池上加罩,保温。

3.2 动态厌氧-兼氧-水生生物-吸附实验

TNT 和 RDX 混合废水从高位水池依次流入两段厌氧-兼氧塔、水生生物池、活性炭吸附柱后排放,测定原水、厌氧-兼氧塔出水及最终出水浓度。实验结果见表 4。

表 4 厌氧-兼氧-水生生物-吸附处理 TNT 及 RDX 废水实验结果

Table 4 Experimental results of TNT and RDX wastage treated by anaerobic-facultative-aquatic organisms and activated carbon adsorption

序号	流量/ $\text{L}\cdot\text{h}^{-1}$	塔内停留时间/h	原水浓度/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		厌氧-兼氧塔出水/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		吸附出水/ $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$		厌氧-兼氧去除率/%		总去除率/%	
			TNT	RDX	TNT	RDX	TNT	RDX	TNT	RDX	TNT	RDX
			1	26.0	2.15	3.79	2.30	1.10	0.80	0.47	0.30	71.0
2	15.0	3.13	4.92	5.60	1.36	1.90	0.28	0.20	72.4	66.1	94.3	96.4
3	9.50	5.90	1.70	3.50	0.37	0.80	0.10	0.26	78.2	77.1	94.1	92.6
4	7.80	7.18	2.32	4.60	0.42	0.50	0.19	0.17	81.8	89.1	91.8	96.3
5	6.30	8.90	3.28	2.90	0.52	0.30	0.34	0.16	84.1	89.6	89.6	94.3

注: TNT 的排放标准为 $0.5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, RDX 的排放标准为 $1.5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

由表 4 序号为 2 的数据可知,在废水总浓度大于 $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的情况下,经厌氧-兼氧-水生生物-吸附处理后,仍能达标。其中厌氧-兼氧段起了主要的降解的作用,大约 80% 的 TNT 和 RDX 在这一段得到了降解,因此,保证该段正常运行是保证处理效果的关键。后续的水生生物起到了辅助降解的作用,活性炭吸附保证了废水的达标排放。

4 结 论

4.1 用厌氧-兼氧-水生生物-吸附组合工艺处理 TNT 和 RDX 混合废水,即使废水总浓度

达 $10\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 的情况下仍可达标。在两段厌氧-兼氧处理中,当有效停留时间在 7h 以上时,去除率能达 80% 以上。

4.2 厌氧-兼氧段在该工艺中起主要的降解作用,为了保证厌氧-兼氧稳定运行,可采取保温措施,使温度保持在 35°C 较好。

4.3 水生生物(水葫芦)在该工艺中起着去除 TNT 和 RDX 的辅助作用。为了保证冬天也能利用水葫芦,可采取适当的防寒措施。

4.4 活性炭吸附可保证出水稳定达标,炭表面生长的绿色生物膜也有一定降解作用,因此可叫作生物活性炭。

致谢:中国工程物理研究院化工材料研究所的彭军、游青等参加了部分样品分析工作,特致谢。

参 考 文 献

- 1 申立贤. 高浓度有机废水的厌氧处理. 北京: 中国环境科学出版社, 1991.
- 2 国家环境保护局科技标准司. 氧化塘污水处理技术. 北京: 中国环境科学出版社, 1991.
- 3 《兵器工业环境分析方法》编委会. 兵器工业环境监测分析方法. 北京: 国防工业出版社, 1991.

EXPERIMENTAL RESEARCH ON TNT-RDX WASTAGE TREATMENT ——BIODEGRADATION AND ADSORPTION

Huang Wenfeng · Zhao Junke · Huang Mingwan

(China Academy of Engineering Physics, Chengdu 610003)

ABSTRACT At the temperature ($25 \sim 35^\circ\text{C}$) TNT-RDX wastage was treated by the technology of anaerobic-facultative-aquatic organism and adsorption. The treating capacity was $60 \sim 900\text{L}/\text{d}$. The experimental results indicate when the concentration of the wastage is $4 \sim 12\text{mg}/\text{L}$, the treated effluent can reach the national drainage standard. Anaerobic-facultative can remove more than 80% of TNT and RDX in the wastage. Aquatic organism (water hyacinth) can degrade TNT and RDX in some extent. Activated carbon adsorption can be used to further ensure the drainage always conformable with the required standard.

KEYWORDS adsorption, anaerobic, facultative.