

论述与研究

新型 BIOSMEDI 滤池的开发研究

邹伟国, 孙群, 王国华, 沈裘昌, 戚盛豪, 李正明
(上海市政工程设计研究院, 上海 200092)

摘要: 开发了一种适用于微污染原水预处理及污水深度处理的新工艺——BIOSMEDI 滤池,它以轻质滤料为过滤介质,采用与填料相适应的独特滤池构造,同时采用脉冲反冲洗、气水同向流。该滤池具有滤料比表面积大,不易堵塞,滤层阻力小,滤速高,反冲洗耗水、耗气小等优点。试验表明,该生物滤池在 10 以上时氨氮的去除负荷 $0.5 \text{ kgNH}_3 - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。

关键词: 微污染原水; 生物滤池; BIOSMEDI 工艺; 硝化

中图分类号: TU991.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 4602(2001)01 - 0001 - 04

Research on Development of New BIOSMEDI Biological Filter

ZOU Wei-guo, SUN Qun, WANG Guo-hua, SHEN Qiu-chang,
QI Sheng-hao, LI Zheng-ming

(Shanghai Munic. Eng. Design and Res. Institute, Shanghai 200092, China)

Abstract: A new biological process called BIOSMEDI for pretreatment of micro-polluted source water and advanced treatment of wastewater was developed. In this process, light media were used in the filter which was of special structure. Pulse air-water backwashing was adopted in cocurrent fashion. The features of the filter included large specific surface area, free of clogging, low resistance, high filtration speed and low consumption of backwashing water and air. The experiments showed that ammonia nitrogen removal loading is higher than $0.5 \text{ kgNH}_3 - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ when the temperature is over 10 .

Keywords: micro-polluted source water; biological filter; BIOSMEDI; nitrification

国内外对生物滤池均有较长时间的研究,如法国得利满公司的 BIOFOR 滤池是由 Degremont 推出的专利,主要采用相对密度 > 1 的单层生物滤料 (biolite),正常运行时布水采用滤头,布气采用专用布气头,气水同向流,从下部进入,反冲洗时采用滤头布气布水,该滤池应用于原水的预处理时,必须解决滤层堵塞问题;BISOTYR 是由法国 OTV 公司推出的新型专利,采用悬浮型轻质滤料,气水同向流,滤料比表面积大,可防止原水中杂质堵塞,但需有效地解决滤池反冲洗问题。

在各种生物滤池中,填料是影响其正常运行的

关键。应用固定型填料,容易导致滤层堵塞,反冲洗困难;软性填料则容易导致填料之间相互粘结,造成比表面积减少;颗粒状滤料具有比表面积大、生物量较大的特点,但颗粒滤料相对密度 > 1 时,若采用气水逆向流,则水流阻力较大,滤速难以提高,滤层阻力增大,且反冲洗时耗水量较大,若采用气水同向流,则容易造成滤池堵塞。

1 BIOSMEDI 滤池

经过较长时间的研究,开发出一种新型生物滤池(专利申请号 00216746.8)。

1.1 滤料的选择

对不同材质的滤料进行筛选,最后采用人工合成轻质颗粒滤料(粒径一般在 $3 \sim 5 \text{ mm}$)。它具有来源广泛、滤料比表面积大、表面适宜微生物生长、价格便宜($300 \sim 500 \text{ 元/m}^3$)、化学稳定性好、密度较小等一系列优点。

1.2 滤池的构造

生物滤池的填料及池型构造是整个滤池的核心,根据滤料密度小的特点,研究开发出与之相适应的池型,具体构造如图1所示。

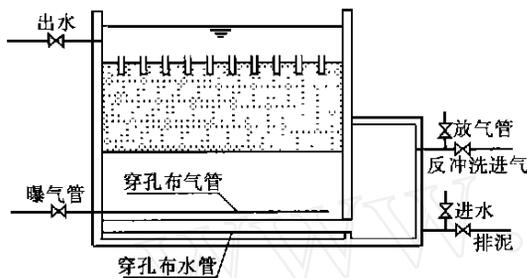


图1 BIOSMEDI 滤池构造图

滤池采用混凝土池壁或钢制,分四部分:上部采用钢筋混凝土盖板(可预制)封顶,用于抵消滤料的浮力及运行时的阻力,在盖板上安装倒滤头,滤头可从顶部拆卸,便于清洗;滤池中部是滤料层,其厚度及滤料的大小可根据实际情况确定;滤层下部是穿孔排泥管及布气管;在滤池旁(也可在滤池下部)增加一气室,其底部通过连接通道与滤池主体相连,专门用于脉冲反冲洗。

1.3 滤池的工作原理

生物滤池为周期运行,从开始过滤到反冲洗结束为一个周期。正常运行时,原水通过进水分槽进入滤池下部,在滤料阻力的作用下使滤池进水均匀;穿孔布气管安装在滤层下部,空气通过其进行布气。原水经过滤层后,滤层表面附着的大量微生物和填料中的微生物利用进水中的溶解氧去除一部分有机物及氨氮,同时悬浮物质经过滤层过滤后明显减少,不会造成滤头堵塞,出水由上部清水区排出。随着过滤的进行,滤层中的生物膜增厚,过滤水头增大,此时需要对滤层进行反冲洗。由于滤料密度小,采用常规的水反冲、气水反冲等方法均难以奏效,所以使用脉冲冲洗,反冲洗水取自滤池出水。反冲洗过程为:当某格滤池需要反冲洗时,首先关闭进水阀及曝气管,打开滤池反冲洗气管,排除气室内的水以形成空气垫层,当空气垫层达到一定容积后,打开放

气阀,这时滤池中的水迅速补充至气室中,此时滤层中从上到下的冲洗水流量瞬时加大,导致滤料层突然向下膨胀,可以对滤层进行有效的脉冲反冲洗,把附着在滤料上的悬浮物质洗脱。通过几次脉冲后,打开穿孔排泥阀,利用其他正在运行的生物滤池出水对滤层进行漂洗,可有效地达到清洁滤料的目的。

1.4 滤池的特点

a. 采用气水同向流与气水异向流相比,在去除效果相同的条件下,滤速可有较大提高,同时水力负荷的增加,大大提高了滤池的传质效果和处理效率,减少了工程费用及占地面积,同时避免了气水逆向流时造成的能量浪费。滤层阻力小,因而能较好地与后续反应沉淀池衔接,适应于新厂及老水厂的改造。

b. 滤池的阻力相对较低,布水、布气均匀。

c. 由于滤池为上向流,对滤池的运行不会造成影响,因此对原水的悬浮物质要求相对较低。

d. 滤料来源广泛、价格便宜、化学稳定性好。滤料比表面积大,单位体积内附着的生物量增大,生物滤池的容积负荷增加,使生物滤池的去除效率大大提高,有利于氧气的传质,提高了充氧效率。

e. 该滤池采用独特的脉冲反冲洗形式,有利于增强反冲洗效果,同时耗水量、耗气量小。反冲洗过程漂洗水可采用滤池出水,气源则来自鼓风机曝气,不需要专门的反冲洗水泵及鼓风机,可采用破坏虹吸的控制方式对滤池进行自动连续脉冲反冲洗。

f. 滤层比常规生物滤池的厚,而滤层越厚,水力负荷越大,去除效果越佳。

2 试验内容及结果

2.1 试验流程装置

试验装置采用 $\text{Ø}300$ 的有机玻璃滤柱,高度为 3.5 m ,滤料采用 $\text{Ø}3 \sim \text{Ø}8$ 的轻质滤料,滤层厚度为 1.5 m (试验装置见图2)。原水水质不稳定,因此试验采用上海某污水厂二沉池出水($\text{COD}_{\text{Cr}} < 100 \text{ mg/L}$)进行模拟,从滤层下部进水,滤头出水,采用鼓风机供气,穿孔管曝气。由于进水中的氨氮浓度较高($20 \sim 30 \text{ mg/L}$),所以将滤柱处理后出水回流稀释,以满足试验所需要的氨氮浓度。

试验从1999年11月初开始,11月15日正式运行,至12月中旬基本达到正常状态。试验在冬季进行,目的是了解在水温较低情况下生物滤池对氨氮的处理效果,试验中气水比为 $(1 \sim 2) : 1$,以确保出水中的溶解氧浓度 4 mg/L 。试验原水碱度偏低,因此在12月30日后在回流水中补充一部分硝

化所需要的碱度。试验时一般 1~2 d 反冲洗一次, 周期结束时滤层阻力约 2.94~3.92 kPa, 脉冲反冲洗次数为 2~3 次, 然后用滤池出水进行漂洗, 漂洗时间约 2~3 min。试验中主要测定氨氮的去除效果, 以单位填料对氨氮的去除量来表示。

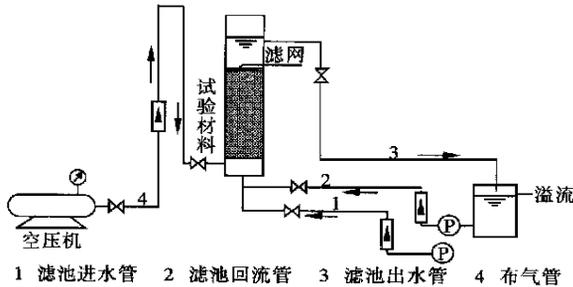


图 2 试验装置图

2.2 试验结果

试验结果见表 1。

表 1 生物滤池对氨氮的去除效果

进水流量 (m ³ /h)	滤速 (m/h)	出水碱度 (mg/L)	出水温度 (°C)	原水氨氮 (mg/L)	实际进水氨氮 (mg/L)	出水氨氮 (mg/L)	氨氮的去除负荷 [kgNH ₃ -N/(m ³ ·d)]
2.20	11.80	106	13.5	30.20	15.96	12.7	0.58
2.00	11.50	53	14	26.32	8.87	5.2	0.63
1.10	10.60	48	12	27.44	5.55	3.02	0.40
1.50	11.10	42	11.5	30.69	10.81	7.5	0.56
2.00	12.00	53	9	33.71	14.71	10.75	0.69
1.50	11.50	27	13	33.55	11.29	7.95	0.58
2.00	12.00	69	11	33.49	14.88	11.31	0.63
1.20	11.20	25	12	34.45	11.12	8.29	0.47
0.70	10.70	116	16	30.35	2.08	0	0.33
2.60	2.60	83	13	28.62	28.62	12.88	0.63
1.60	1.60	11	14	27.50	27.50	2.63	0.59
2.00	11.00	374	15	30.24	5.50	0	0.91
2.00	10.50	48	16	29.57	10.20	5.82	0.68
1.80	11.30	246	18.5	28.67	9.296	5.59	0.61
1.75	9.25	133	15	33.54	14.71	10.19	0.61
2.50	11.50	174	15	29.18	17.09	13.66	0.58
2.60	11.60		16.5	26.94	13.41	9.3	0.71
0.70	10.70	243	12	26.94	1.71	0	0.27
0.77	10.77	254	14	26.38	1.94	0	0.30
0.85	10.85	512	14	26.66	2.11	0	0.34
1.40	10.90	461	11.5	26.38	3.35	0	0.55
0.90	10.40	137	12	28.28	2.53	0	0.40
1.40	10.40	148	11	23.02	3.10	0	0.48
1.00	10.60		11	21.06	1.93	0	0.31
1.50	10.50		11	19.38	2.85	0	0.45
1.50	10.50		11	23.02	3.23	0	0.51
1.90	11.90		11.5	29.90	4.73	0	0.84
1.70	11.70	13	11	29.90	6.41	2.50	0.69

注 出水中氨氮在 0.05 mg/L 以下时,均以 0 表示。

3 讨论

3.1 供气方式

原水中溶解氧含量较低,采用穿孔管进行布气。在滤料阻力作用下,空气在滤层中分布较为均匀,试验中可以观察到空气在滤层中缓慢、均匀地上升,能够达到较好的充氧效果,试验采用的气水比较大,以确保生物硝化不受溶解氧的影响。

3.2 氨氮浓度对去除负荷的影响

氨氮浓度不同时,硝化速率也不同。当氨氮浓度 < 1 mg/L 时,硝化速率与水中的氨氮浓度成正比;当氨氮浓度 > 4 mg/L 时,则受溶解氧扩散速率的限制,溶解氧成了控制反应速度的主要因素,此时氨氮浓度将不影响反应的速率,即硝化速率与氨氮浓度成零次关系。

试验中,除出水氨氮浓度 < 0.05 mg/L 外,在 12 月 17 日—12 月 29 日出水碱度偏低的情况下,氨氮的去除负荷 0.5 kgNH₃-N/(m³·d);当在水中补充碱度时,氨氮去除负荷 0.6 kgNH₃-N/(m³·d) (这段时间出水温度略有上升)。由此可见,在进水氨氮浓度较高时,氨氮浓度对硝化速率的影响不明显;在进水氨氮浓度 < 4 mg/L 时,出水氨氮基本检不出,由此可知在进水氨氮浓度较低的情况下,生物滤池对氨氮仍有较好的去除效果。

3.3 滤料接触时间

滤料接触时间与滤池进水氨氮浓度及处理目标有关,由 2000 年 1 月 6 日—1 月 14 日试验数据可知,在进水氨氮浓度 4 mg/L,滤层空床接触时间约 10 min 的情况下,滤池对氨氮有较好的去除效果。

3.4 水温

试验在冬季进行,气温相对较低,而进水水温较高。通过试验可知,水温 10 时,该生物滤池对氨氮仍有较好的去除效果,即在进水氨氮较高、溶解氧和碱度等都正常的情况下,对氨氮的去除负荷基本可达到 0.5 kgNH₃-N/(m³·d)。

3.5 水力负荷

很多文献报道,水力负荷的增加有利于提高滤池的硝化速率。还有人对氨氮浓度较高的原水在不同水力负荷下的硝化效果进行了比较,认为在温度适宜、溶解氧等充足的情况下,滤速为 20 m/h 时的氨氮去除负荷是滤速为 5 m/h 的 2 倍,增大滤层的厚度对滤池的处理效率有明显提高(Dergement 提出生物滤池的滤层厚度可达到 4 m)。由于试验时

间的限制,试验中的水力负荷对氨氮去除效果的影响不明显。

3.6 滤池反冲洗

试验过程中,由于进水中悬浮物质少,一般隔天反冲洗一次,滤层的阻力损失一般 $< 3.92 \text{ kPa}$ 。在脉冲反冲洗过程中,短时间内水的反冲洗流量可达 $40 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 以上,在瞬时流量的冲洗下,滤料短时间向下自由膨胀,滤层间的杂质在水流剪切作用下被带至滤层下部空间。脉冲冲洗几次后,用生物滤池出水从上部进行漂洗,漂洗时间为 $2 \sim 3 \text{ min}$,滤池底部用排泥管排泥。这种冲洗方法效果较显著,且不需要反冲洗水泵,只是在滤池排泥及漂洗过程中消耗一部分水量,反冲洗耗气量更小。

4 结论

新型 BIOSMEDI 滤池以轻质滤料为过滤介质,它具有来源广泛、比表面积大、表面适宜微生物生长、价格便宜、化学稳定性好等优点;采用与填料相

适应的独特滤池构造,能防止原水堵塞,滤层阻力小;运行时采用气水同向流,有利于过滤速度的提高;采用脉冲反冲洗,具有耗水量、耗气量小等优点。

经过较长时间的运行,表明该生物滤池在 10 以上,进水氨氮、溶解氧等都正常的情况下,氨氮的去除负荷达到 $0.5 \text{ kgNH}_3 - \text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 以上,适用于微污染原水预处理及污水的深度处理。

参考文献:

- [1] 张万友,王德英,吕洪滨,等. 好氧生物膜过滤装置的研究[J]. 中国给水排水, 2000, 16(5): 8 - 11.

作者简介: 邹伟国(1971 -), 男, 江西丰城人, 上海市政工程设计研究院工程师, 硕士, 研究方向: 水处理技术。

电话: (021) 65026848 x2308(O) 65497233(H)

传真: (021) 65026743

收稿日期: 2000 - 09 - 04

·技术交流·

循环冷却水系统的冷却塔改造

金昌冶炼厂硫酸循环冷却水系统的老冷却塔建于 1974 年,塔内分 5 格,单格面积 $8 \text{ m} \times 8 \text{ m}$,处理水量为 $1000 \text{ m}^3/\text{h}$,全天运行,采用自然通风。收水器为木板条片、喷溅装置为 $DN50$ 的直管,填料采用水泥格网。近年来由于循环冷却水系统已不能适应目前的生产需要,遂决定对其进行技术改造,以增加冷却水量和提高冷却效率。

改造后的冷却塔增加了五台 L47 型逆流式冷却风机,改自然通风为机械通风,其收水效率高、通风阻力小。原 16 层水泥格网填料全部换用重波型填料,淋水面积达到 $168 \text{ m}^2/\text{m}^3$,改善了热力特性。填料承托层考虑到酸性腐蚀等因素,改普通钢栅条承托为组合式挤压成型玻璃钢栅框承托,它强度高、柔性好、不伤填料、抗腐蚀强。采用波 160 —

45 玻璃钢收水器,支撑件为 ABS 工程塑料。

布水喷头采用 ABS 整体注塑成型多层流喷嘴,径向、周向不均匀系数小,配水均匀。根据改造后单塔 800 t/h 的水量要求,喷嘴套管出口直径为 $\varnothing 26$,单个喷嘴布水量为 $7.5 \text{ m}^3/\text{h}$,单塔布置 100 只喷嘴。

改造后,冷却塔总循环水量可达到 4000 t/h ,冷却水量是改造前的 4 倍,同季节同水温的改造前后水温差是 1°C ,冷却效果较以前明显提高。

金昌冶炼厂硫酸循环水系统冷却塔的改造,是在利用原钢筋混凝土塔体的基础上进行的,改造比建造同冷却水量的冷却塔节约资金 120 万元。改造成功的事实说明,将 70 年代建成的混凝土低效率冷却装置改造成采用 90 年代新型填料和收水器的高效率冷却装置是可行的、有效的。

(安徽铜都铜业股份有限公司金昌冶炼厂 黄 荣 供稿)