

吨。

综上所述,煤矸石在水泥生产上的应用是多方面的,经济效果也显著。但因矸石成份波动较大,故在生产中要采取平均化措施。

五、结 束 语

1. 我国目前利用煤矸石的量还很小,如要大量利用,则需国家动员社会上各个行业(尤其建材与城建部门)齐心协力。同时煤炭部门还应严格遵守国家有关鼓励“三废”综合利用的政策,为扩大煤矸石综合利用创造方

便条件。

2. 大力开展对煤矸石等低热值燃料的综合利用研究,是广开能源的一个重要途径。因此环保部门要积极推广沸腾燃烧锅炉在各个部门的应用,使其为社会节能作出更大贡献。

3. 煤矸石在建材方面的利用前景广阔,经济效益明显。它不仅扩大了建材工业的原料来源,而且充分利用了煤矸石的热能,同时使污染减轻。因此,国家应积极开展煤矸石在建材方面的研究与应用。

应用生物稳定塘* 处理污水

张 忠 祥

(北京市环境保护科学研究所)

生物稳定塘是一种构造简单、管理维护容易、处理效果稳定可靠的污水处理设施。污水在塘内经较长时间的停留,通过微生物(细菌、真菌、藻类、原生动物等)的代谢活动对污水中有机污染物进行生物降解,最后达到稳定化的目的。

实践证明,设计合理、运行正常的生物稳定塘,其出水水质相当甚至优于二级生物处理厂的出水。不同类型不同功能的生物稳定塘可以串接起来分别作预处理或后处理。污水在进行土地处理或灌溉农田前也可用生物稳定塘作预处理或深度处理。生物稳定塘既可用来处理城镇生活污水,也可用来处理工业废水,如罐头、肉类禽蛋加工、化工、石油炼制、造纸、酿酒、制糖、纺织、奶制品加工等工业废水。

生物稳定塘是总称,可以分为六类即好氧塘、兼性塘、厌氧塘、精制塘或深度处理塘、曝气好氧塘(湖)、曝气兼性塘(湖)。

1. 好氧塘 深度一般小于 1m,阳光能透池底,采用低值有机负荷。塘内存在着藻-菌-原生动物。光照时,塘内生长的藻类由于光合作用释出氧,塘面进行自然复氧,使塘保持良好的好氧状态。好氧异养菌通过代谢活动对有机污染物氧化分解,代谢产物 CO_2 供作藻类光合作用的碳源。当水中 CO_2 被利用, pH 上升;夜间藻菌共同呼吸而释出 CO_2 , pH 便下降。这些参数的昼夜变化影响着生物的活性。好氧塘出水中往往含有大量的藻类细胞,出水 SS 不能满足要求,应进行补充处理。

好氧塘的规划与设计应满足以下基本条件:(1)常年有良好的阳光照射;(2)有足够的土地;(3)水深在 1m 以内;(4)有机负荷

* 本文采用的生物稳定塘(Biological Stabi Lization Ponds)是指好氧塘、兼性塘、厌氧塘、精制塘及曝气好氧塘和曝气兼性塘的统称,有人把它统称为“氧化塘”,作者认为不妥,它容易与好氧塘混淆,不能包含以上六类系统,故采用生物稳定塘。

(BOD 负荷) 低; (5) 有预处理 (如沉淀池或厌氧塘等)。

气候、地理等条件不同, 好氧塘有机负荷也各不相同。欧洲采用的有机负荷值: 不结冰季节为 $13.4 \text{g BOD}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 或每 1000 人口当量 1ha 面积; 结冰季节为 $1.34 \text{g BOD}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 或 1000 人口当量 10ha 面积。美国加州采用 $5 \text{g BOD}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ 。我国采用的设计参数为: 经物理处理后污水 $200\text{—}250 \text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{d}$; 经生物处理后 $4000\text{—}5000 \text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{d}$ 。

好氧塘的主要技术特征参数可归结于表 1^[1-4]。

表 1 好氧塘的主要技术特征参数

主要技术参数	取 值
停留时间 (d)	2—6
塘内水深 (m)	0.15—0.45
有机负荷 ($\text{kg BOD}/\text{ha} \cdot \text{d}$)	80—200
pH 值	6.5—10.5
温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	5—30
最适温度 ($^{\circ}\text{C}$)	20
BOD 去除率 (%)	80—95
藻类含量 (mg/L)	100—200
出水 SS (mg/L)	150—300
回流比	0.2—2.0

好氧塘的出水需经除藻处理, 其方法可采取自然沉淀、混凝沉淀或上浮、混凝过滤等。混凝剂投加量通常为: $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 100—300 mg/L ; $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 150—200 mg/L ; $\text{Fe}(\text{SO}_4)$ 100—150 mg/L 。出水 TSS 可控制在 10—25 mg/L 。

氧的传递、营养素、藻类活动及污水性质是影响好氧塘正常运行的主要因素。氧的传递又受塘面积与容积比、液面紊动、污水温度、细菌吸氧速率等的制约。在正常好氧情况下, 塘内微生物的吸氧率常小于大气复氧及藻类光合作用释氧。对进塘污水, 应严格控制哪些能抑制藻类、好氧异养菌生长繁殖及代谢的各种有害、有毒物质 (如重金属、难生物降解的有机化学物质等) 进入塘内。

2. 兼性塘 塘内水深通常为 1.0—2.5m, 分为三层。上层阳光能透入, 有藻类和好氧菌; 中层阳光不能透入, 溶解氧不足, 兼性微生物占优势; 底部厌氧微生物占主导, 对沉积于塘底的底泥进行厌氧发酵: (酸性发酵和甲烷发酵)。兼性菌有二类, 一为兼性好氧菌, 能利用水中溶解氧, 也能在厌氧情况下从 NO_3^- 或 CO_3^{2-} 中获取氧。另一为兼性厌氧菌。污水在塘内的停留时间受流量、塘深、表面积、形状及风向等影响。近年来有些国家发展深型兼性塘, 认为能改善出水水质。藻类在塘下部由于缺乏阳光或溶解性硫化物 (S^{2-}) 的毒害而死亡, 并释出溶解性营养素, 有利表层新藻的生长繁殖。底水中 NH_3 水平可能超过原水浓度。上层水中藻类光合作用释氧量通常为: 1 kg 藻产生 1.6 kg 氧。藻类光合作用需吸收 CO_2 , 通常每产生 1g 藻类物质需 2g CO_2 。夏季塘中绿藻丰富, 然而常伴有臭味。温暖季节绿囊藻属 (*Anacystis*) 占优势, 水面藻层厚有臭味, 与某些细菌接触后发出猪圈臭。当有机负荷过高、积泥太多时, 颤藻属 (*Oscillatoria*) 藻占优势; 溶解性固体高时, 螺旋藻属 (*Spirulina*) 藻占优势; 污水矿化良好时, 盘星藻属 (*Pediastrum*)、弓形藻属 (*Scenedesmus*) 和小球藻属 (*Chlorrella*) 生长繁茂。阳光透射受限制时, 运动型绿藻如衣藻属 (*Chlamydomonas*) 及裸藻属 (*Englena*) 等占优势。

在厌氧情况下, 塘内梭菌 (*Clostridium*) 能将简单的氮化合物分解为 NH_3 ; 在好氧情况下, 变形杆菌属 (*Proteus*) 及硝化球菌 (*Nitrococcus*) 将简单氮化合物分解为 NH_3 。亚硝化单孢菌属 (*Nitrosomonas*)、硝化棘 (*Nitrospina*)、分枝丝菌属 (*Streptomyces*) 及诺卡氏菌 (*Nocardia*) 等能将 NH_3 氧化为 NO_2^- , 而硝化细菌 (*Nitrobacter*)、硝化球菌 (*Nitrococcus*) 及硝化棘 (*Nitrospina*) 等能将 NO_2^- 氧化为 NO_3^- 。每 1g NH_3 氧化为 NO_3^- 时需 4.5g 氧。许多兼性菌和厌氧菌能进行脱氧作用。某些真菌也能还原 NO_3^- 。

脱硫弧菌属 (*Desulfovibrio*) 及脱硫肠状菌 (*Desulfotomaculum*) 能将硫化物还原成 H_2S 而释出。硫杆菌属 (*Thiobacillus*)、硫菌属 (*Thiobacterium*) 和硫螺旋菌属 (*Thiospira*) 等能将 S^{2-} 氧化为 S 或 SO_4^{2-} 。

光合紫硫菌有色菌属 (*Chromatium*)、荚硫菌属 (*Thiocapsa*) 及硫球菌属 (*Thiospirillum*) 等能使塘水变成紫色；光合红硫菌紫螺旋菌属 (*Rhodospirillum*)、红假单胞菌属 (*Rhodospirillum*) 及紫细菌属 (*Rhodomicrobium*) 等能使塘水变成红色；而光合绿硫菌绿菌属 (*Chlorobium*)、绿假单胞菌属 (*Chlorospseudomonas*)、格状绿菌属 (*Clathrochloris*)、及暗网菌属 (*Pelodictyon*) 等能使塘水变绿。

甲烷球菌 (*Methanococcus*)、甲烷细菌 (*Methanobacterium*) 及甲烷八联球菌属 (*Methanosarcina*) 等在厌氧情况下分解碳素有机物而产生 CH_4 ，甲基杆菌属 (*Methylomonas*) 和甲基球菌属 (*Methylococcus*) 等能在好氧情况下代谢 CH_4 。

真菌如曲霉属 (*Aspergillus*)、青霉属 (*Penicillium*) 及头孢霉属 (*Cephalosporium*) 等能将塘水中有机氮氧化为 NO_2^- 和 NO_3^- 。

原生动物能去除塘水中过多的细菌和溶解性有机物，使出水变得清澈。蚬科 (*Corixidae*) 能吞食有机残渣。轮虫类 (*Rotifers*)、桡足类 (*Copepods*) 及枝角类 (*Cladocem*) 等能吞食藻类及原生动物、细菌及悬浮状有机物，而它们又是鱼类的食料。

由此可见，兼性塘内微生物种类繁多，它们与鱼、虾等水生物组成一个生态系统，对净化污水、建立良好生态环境起重要作用。

兼性塘的出水水质通常 COD 较低，但以藻类细胞形式的 SS 偏高。当 $BOD_5 \leq 10\text{mg/L}$ 时，可以认为出水十分良好。出水中含藻量通常清晨最少，而中午达最大。

美国德克萨斯州 265 座兼性塘 1967—1973 年连续运行的出水水质为 BOD_5 (2349 个样平均值)：35mg/L (12 月)；5.7mg/L (8

月)。VSS (2209 个样平均值)：28mg/L (1 月)；75mg/L (7 月)。

兼性塘最好能设计成二个或二个以上多塘串联系统。其第一塘设计成主要用来去除污水中可沉降固体并进行厌氧分解， BOD_5 转化为 CH_4 及 CO_2 。继后的塘用以去除 BOD_5 与大肠杆菌。如需要还可在系统终端设一间歇砂滤池，以控制出水中固体含量。上述系统具有以下特点：(1) 可沉降固体有机物的厌氧降解与溶解性 BOD 的好氧生物转化分开进行，二者均可处于适宜条件下，使单位塘容积的 BOD 去除率和大肠杆菌去除率达较高值；(2) 系统出水水质的大幅度波动可获减轻；(3) 显著减少水流短路现象；(4) 后塘出水回流至初塘进水可大大减少臭气。兼性塘的主要技术参数列于表 2^[2-4]。

表 2 兼性塘的主要技术特征参数

主要技术参数	取 值
塘深 (m)	1.0—2.5
停留时间 (d)	7—50
有机负荷 (kg BOD_5 /ha·d)	20—50
BOD_5 去除率 (%)	70—95
出水中藻浓度 (mg/L)	10—100
出水中 SS (mg/L)	100—350
回流比	0.2—2.0
BOD_5 分解形式	好氧分解
污泥分解形式	厌氧分解

关于塘深，美国西南诸州把 0.9m 作为兼性塘的“标准水深”，它可防止浸根作物的生长。美国中西部将塘深提高到 1.5 米，以容纳冬季贮存的污水。夏季采用表 2 中有机负荷的高值，冬季则取其低值。塘的长宽比至少为 5，其长轴处于迎风向。沿长轴每隔一定距离可设一污泥沟，上置隔板。塘内温度与停留时间常呈线性关系，温度高，可缩短停留时间。

兼性塘可以单独运行，也可与其它类型塘串接运行。

多级兼性塘的组合流程如图 1 所示。由

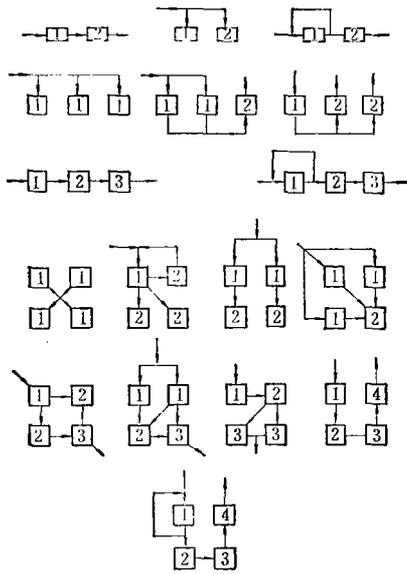


图 1 多塘兼性塘系统的各种流程组合

图可见,若干兼性塘组成一组复合塘系统,并联式组合可使塘的有机负荷得到均匀分配;串联式组合可获得高质量的出水水质;并联-串联复合式组合能兼容二者的长处,使系统运行达到优化。

3. 厌氧塘 塘深在 2.0m 以上,塘内呈厌氧状况,有机负荷高,并在厌氧微生物代谢作用下进行缓慢分解,最后转化为 CH_4 ,能释出 H_2S 及其它致臭物质如乙硫醇、硫甘醇酸等。污水在厌氧塘内停留时间长,故适合处理高浓度有机污水,可作为好氧塘的预处理。

厌氧微生物对有机物的代谢作用通常分二个阶段:酸性发酵及产甲烷发酵。厌氧菌或兼性菌能从无机物 NO_3^- 及 NO_2^- 中获取氧,并释出 N_2 ;也可从 SO_4^{2-} 及 CO_3^{2-} 中获取氧。污水在塘中的稳定程度与 CH_4 产量紧密相关。

污水在塘中发生热转换、沉淀、固体贮存等物理现象以及固体的溶解与异化、生物合成、气化等生物化学过程。厌氧塘净化污水虽然主要靠细菌的代谢作用,但是真菌和原生动物的作用也是不容忽视的。

厌氧塘常作为预处理而与好氧塘组成复

合系统,厌氧塘的主要技术特征参数列于表 3^[3,4]。

表 3 厌氧塘的主要技术特征参数

主要技术参数	取 值
塘深 (m)	2.5—4.0
停留时间(d)	30—50
有机负荷 (kg BOD/ha·d)	100—1000
BOD 去除率(%)	50—70
藻类浓度 (mg/L)	0

世界各国采用的塘深各不相同,有采用 3.6m、4.6m 或更深。加拿大有些塘深达 5.2 m。塘深要考虑当地地下水情况,通常在 4.5—6.0m。实践证明,多级小而深、停留时间短的厌氧塘比大而浅的塘更为可取。深塘能于底层形成稳定的厌氧环境。此外,污水中固体物的可沉降性也是塘的设计与运行中应考虑的重要因素。

另外,深塘及较长停留时间能使产甲烷菌保持在塘内而不外逸,改善出水水质。当塘的表面有厚浮渣层时可减少臭气逸出。有时在塘上覆盖一层泡沫聚苯乙烯塑料层,在冬天还能起保温作用。

关于负荷,对高浓度废水采用有机负荷率合适;对低浓度污水采用水力停留时间更为合适。

不同研究者建议采用的有机负荷值不同^[5],这可能与原水水质及气候条件有关系。如 Oswald 认为冬天采用 112kg BOD₅/ha·d;夏天 448 kg BOD₅/ha·d。美国加州普遍采用 560kg BOD₅/ha·d。Parker 则建议夏天可高达 1000—1344kg BOD₅/ha·d,冬天 756kg BOD₅/ha·d。有的认为即使有机负荷高达 1120~2000kgBOD₅/ha·d,夏天 BOD₅ 去除率仍高达 80—87%,冬天 65%。南非资料介绍有机负荷高达 1895—2900kg BOD₅/ha·d,夏天 BOD₅ 去除率为 81%,冬天为 62%。

采用厌氧塘处理高浓度有机废水(如肉类包装厂废水)时,有机负荷高达 6720kg

$BOD_5/ha \cdot d$, BOD_5 的去除率仍可达 65—95% (平均为 80%)。

厌氧塘一般进水管距塘底 1m, 采取多头进水; 出口设于水面下 60cm, 多头出水。

当水温下降至 20℃ 时, CH_4 的产生急剧下降; 当水温为 15℃ 时下降 50%。

厌氧塘适宜对水温较高、浓度高的有机工业废水的预处理, 如屠宰、禽蛋肉类加工、造纸、食品酿造、牛奶奶制品、制糖、制药、石油炼制与石油化工等工业废水。有些国家也用于处理城市污水。

4. 曝气生物塘 采用曝气机在塘水面进行曝气充氧, 以维持塘水良好的充氧状态。也可使污水中全部可沉固体保持悬浮状态(完全悬浮式)、或部分处在悬浮状态(部分悬浮式), 因此, 曝气具有搅拌、混合和充氧双重功能。当污水在塘内停留时间少于 24h, 需氧量是控制曝气器动力水平的因素; 当停留时间大于 24h, 则搅拌、混合的需要是动力水平是控制因素^[6]。

曝气机的功率水平足以维持塘内全部固体处于悬浮状态并向塘内污水提供足够的溶解氧, 这种曝气塘称为好氧曝气塘; 当动力水平仅能供应塘内污水必要的溶解氧, 使部分悬浮固体处于悬浮状态, 部分固体沉积在塘底并发生厌氧分解, 称为兼性曝气塘。

好氧曝气塘的特点是, 污水在塘中分布均匀, 停留时间短, 易于操作维护。微生物(F/M)高, θ_c 短, 属高速率系统。污水中溶解性有机物转化为细胞质所需动力功率高于兼性曝气塘。出水中 SS 含量高, 必须进行固液分离。兼性曝气塘采用 θ_c 较长, 属低速率系统, 用途广, 出水水质好, 输入动力低, 在塘内 BOD 的去除和固液分离同时进行。

兼性曝气塘去除有机物的机制与兼性塘相同, 但其达到稳定运行所需时间较长。当塘运行稳定时 SS 下沉数与浮起数达到均衡, 因此, 运行时认真控制好均衡十分重要。

关于好氧曝气塘的技术参数^[2]: 塘深

2.5—5.0m, 停留时间 1—10d, BOD_5 负荷 2.0 kg BOD_5/kg MLSS $\cdot d$ BOD_5 去除率 80—95%, 出水 SS 260—300 mg/L, 需固液分离。关于兼性曝气塘的技术参数^[2]: 塘深 2.5—5.0m, 停留时间 7—20d (冬季更长), BOD_5 负荷 26.7—89.0 kg $BOD_5/ha \cdot d$, 出水 SS 110—340 mg/L。

关于曝气塘的设计, 有人^[6]建议将塘系统中初级塘的输入功率定为 6 kW/1000 m³, 其后诸塘均为 1 kW/1000 m³。这样, 由于使用若干较小的曝气机常比一个大的曝气机更为经济合理。

5. 整理塘或深度处理塘 用来改善从二级生物处理构筑物或其它类型生物塘排出的污水, 溶解氧通常来自藻类的光合作用及表面复氧。

整理塘不能单独使用, 应与其它各种类型的生物塘串接形成复合塘系统, 以获得最佳出水水质。在通常典型情况下, 可组成至少 4 个生物塘的复合系统。该系统前二级分别为厌氧塘与兼性塘, 后两级可为好氧整理塘。

好氧整理塘的技术参数^[1]: 水流方式为间歇混合; 塘面积 1—4 ha/块; 可采取串接运行或并联运行; 停留时间 5—20d; 塘深 1.0—1.5m; pH 6.5—10.5; 温度 0—30℃, BOD_5 负荷 ≤ 15 kg $BOD_5/ha \cdot d$, BOD_5 去除率 60—80%。出水中藻浓度 5—10 mg/L; 出水中 SS 10—30 mg/L。

结语 以上简要介绍了五种类型的生物塘。在实际应用时必须因地制宜, 根据各地的气候、土地、污水性质和各种技术条件, 制订处理目标、规模、流程组合和工程设施, 才能达到预期要求。在好氧塘、精制塘中发展水产、水生植物养殖, 还能收到显著的经济效益和社会效益。

参 考 文 献

- [1] Tchobanoglous, G., *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse*, 551—559 2nd Edition, McGraw-Hill Book Company and Central

Book Company, 1979.

[2] Benefield, L. D., Randal, C. W., *Biological Process Design for Wastewater Treatment*, pp. 333, 346, 353, 358, 359, 375, 383, Prentice-Hall, Inc., 1980.

[3] 哈尔滨建筑工程学院, 排水工程, 下册, 136—141, 中国建筑工业出版社, 1981.

[4] Oswald, W. J., *Fundamental Factors in Stabilization Pond Design*, In Proceedings of the 3rd Conference on Biological Waste Treatment, Manhattan College N. Y., Pergamon Press, Oxford, 1963.

[5] Gloyna, E. F., et al. *Ponds as a Wastewater Treatment Alternative*, 131—159, The University of Texas, Austin, 1976.

[6] Dinges, R., *Natural Systems for Water Pollution Control*, 23—34, 47—60, Van Nostrand Reinhold Company, 1982.

三元电极电解在水处理中的应用

朱宏丽 王书惠

(上海市环境保护科学研究所)

一、三元电极电解

利用电化学方法净化水, 通常可分为电解物理化学处理和电解化学反应处理两大类, 每一类还可细分为若干种, 见表 1。

国内外在电化学净水方面应用得较多的是电渗析和利用阴极直接回收重金属元素等。近来有机废水的电解也正在研究之中。

电解特点是不使用化学药品, 后处理简单, 占地面积小, 处理能力强, 管理方便等。国外称为清洁处理法。但是由于单位槽体积反应量小, 因此电流效应低, 耗电大。

近年来, 在电解槽中充填导电性粒子或者使充填粒子在电解槽中处于流动化状态, 从特别设置的主电极供给电流流到粒子表面, 在其表面也引起电化学反应, 这种装置称

表 1 电 化 学 净 水 处 理

物理化学 处理	电渗析——经电解后通过膜将溶液中成份分离。 电凝聚——利用可溶性阴极铝、铁等生成凝聚剂。 电浮上——电解生成微气泡而上浮。
化学反应 处理	直接 a. 阳极——阴离子在阳极上直接氧化。 b. 阴极——阳离子重金属等在阴极还原被回收。 间接——电解生成氧化剂如 ClO_2 等然后进行氧化分解。

为三元电极电解。它能克服原来平板电极存在的缺点, 增加单位槽体积的电极表面积, 增大物质移动速度, 因此, 单位槽体积的处理量增大, 充填或流动化的电极粒子容易交换。它能替代平板电极的极板交换, 而且能提高电导率低的处理液的电解效率。

二、三元电极的特征与分类

三元电极可按极性与充填状态分类。如按极性区分有单极、复极, 按充填状态有固定方式与悬浮方式。现按极性分类如下:

1. 单极性三元电极

当主电极与导电粒子或粒子与粒子间接触或冲突时, 电荷传到粒子, 粒子与主电极表示相同极性作为电极运动时, 在粒子表面引起电化学反应为单极性三元电极。

单极性三元电极当液体流向和电流方向垂直时为十字型, 液体流向与电流方向平行则为平行型。在流动层电极中电解液常常与液体的重力方向相反流动。而固定层电极中流动方向自由, 可有各种各样组合。固定层与流动层电极层内电位分布的模式如图 1。图